

Laura Matikainen (toim.)

Kohti digitaalista tulevaisuuden työelämää koneteknologian aloilla

Kohti digitaalista tulevaisuuden työelämää koneteknologian aloilla

© Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoon seudun koulutuskuntayhtymä Omnia, Aalto-korkeakoulusäätiö sr & Helsingin yliopisto 2023

Julkaisija: Metropolia Ammattikorkeakoulu

Toimittaja: Laura Matikainen

Taitto: Laura Matikainen

Valokuvat: Henna Salo, Esko Lius, Aleksi Pippuri, Juuso Autiosalo, Jie Li, Antti Lajunen

Metropolia Ammattikorkeakoulun julkaisuja

TAITO-sarja 121

Helsinki 2023

ISBN 978-952-328-400-5 (pdf)

ISSN 2669-8021 (pdf)

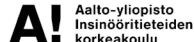
www.metropolia.fi/julkaisut



Tämä teos on lisensoitu [Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) pois lukien siinä olevat kuvat ja kuvitus.

Julkaisu on tuotettu osana DigiTally-hanketta, jota rahoittivat Euroopan sosiaalirahasto (ESR) sekä Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Hanke rahoitettiin osana Euroopan unionin covid-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia. DigiTally-hankkeessa pyrittiin vastaamaan koronapandemian tuomiin haasteisiin koneteknologian alalla kehittämällä matalan aloituskynnyksen koulutuksia sekä etä- ja lähiopetuksen yhdistäviä X-Garage-oppimisympäristöjä. Hanke toteutettiin vuosina 2021–2023 Metropolia Ammattikorkeakoulun koordinoimana yhdessä Espoon seudun koulutuskuntayhtymä Omnian, Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston kanssa.

www.digitally.fi



Sisällys

Johdanto	5
Laura Matikainen	
Sanastoa	8
Muuttuvat osaamistarpeet ja niihin vastaaminen	11
Juha Rautamies	
X-Garage-toimintamalli ja sen kehittäminen	16
Juha Porvali	
Hybriditilat palvelevat oppimista ja työelämää	21
Esko Lius	
Tuotekehityksen Garage – digitaalisen oppimisympäristön kehittäminen	26
Tero Karttiala	
Opetusmateriaaleja tekoälystä, esineiden internetistä ja robotiikasta Garage-ympäristöön	43
Aarne Klemetti	
Innovative LocoLab	53
Kari Tammi, Jie Li, Juuso Autiosalo, Jari Vepsäläinen, Pejman Habibiroudkenar, Aleks Pippuri, Vaibhav Tanaji Shinde & William Skog	
DigiFarm – learning environment for agricultural automation	68
Antti Lajunen	
Menetelmät ja ohjelmisto tulevaisuuden heikkojen signaalien tunnistamiseen	81
Petri Makkonen	

Laura Matikainen

Johdanto





Koneteknologian aloilla koronapandemia toi digitalisaation yhä keskeisemmäksi osaksi tuotteita, tuotekehitystä, tuotantoa ja laitteiden kunnossapitoa. Koronapandemia nopeutti teollisuustuotteiden hallintaan liittyvien digiratkaisujen käyttöönottoa niin uusissa kuin jo käytössä olevissa tuotteissa. Käyttöön on otettu automaatiota, IoT-ratkaisuja ja esimerkiksi VR-avusteista kunnossapitoa. Pandemian myötä teollisuustuotteista on pitänyt tehdä paremmin etähallittavia ja mahdollisesti etähuollettavia. Etätyöskentelyn lisäksi edellä mainitut asiat ovat tuoneet koneteknologian aloille haastavia osaamisen erityistarpeita. Lisäksi alalla työntekijöiden keski-ikä on korkea ja digitaidoissa paljon parantamisen varaa. DigiTally-hankkeen tarkoitus oli vastata kyseiseen osaamisvajeeeseen. Hanke toteutettiin vuosina 2021–2023 Metropolia Ammattikorkeakoulun koordinoimana yhdessä Espoon seudun koulutuskuntayhtymä Omnian, Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston kanssa.

Julkaisun tavoitteet ja sisältö

Julkaisussa käsitellään digiosaamisen lisäämistä koneteknologia-alan

työntekijöiden ja opiskelijoiden keskuudessa. Tarkoituksena vastata koneteknologia-alojen digitaalisten ratkaisujen luomiin osaamistarpeisiin uusilla oppijalähtöisillä X-Garage-hybridioppimisympäristöillä sekä hankkeessa tuotetuilla matalan aloituskynnyksen lähi- ja etäopiskelua yhdistävillä koulutuksilla. Suunnitelmana oli kehittää hybridiopetukseen soveltuva oppijalähtöinen oppimisympäristön toimintamalli, joka yhdistää lähi- ja etäopiskelua. Lisäksi toimintamallin tarkoituksena oli kehittää opettajien valmiuksia hybridiopetuksen suunnitteluun ja toteuttamiseen.

Lukija saa tämän artikkelikokoelman perusteella käsityksen, millaisia osaamistarpeita koronapandemia toi koneteknologian aloille ja millaiselle osaamiselle olisi tarvetta lähitulevaisuudessa. Digitalisaation myötä digitaaliset taidot ovat nousseet olennaiseksi osaksi tulevaisuuden työelämää ja alan koulutusta tulisi kehittää sen mukaiseksi. Kirjoituksissa on keskiössä koneteknologian alan koulutuksen kehittäminen sekä toteuttaminen hybridioppimisympäristöissä.

Tässä julkaisussa syvennyttään seuraaviin aiheisiin:

- ▶ koneteknologia-alan osaamistarpeet
- ▶ X-Garage-toimintamalli
- ▶ DigiTally-hankkeen etä- ja lähiopeutuksen yhdistävät X-Garage-oppimisympäristöt
- ▶ hankkeessa tuotettujen koulutuksien sisältö sekä niiden kehittäminen
- ▶ koottuun tietoon perustuva osaamistarpeiden ennakointimalli.

Lukijalle artikkelit tarjoavat hyvän näkökulman koulutuksen kehittämistarpeisiin. Alan opettajat saavat vinkkejä siihen, miten koulutusta tulisi kehittää, jotta aloittelevilla insinööreillä olisi tarvittava osaaminen, kun he siirtyvät työelämään. Koneteknologian ammattilaisille artikkelit puolestaan tarjoavat tietoa siitä, miten omaa ammatillista osaamista voisi vahvistaa vastaamaan alan osaamistarpeita.



Kuva 1. 3D-tulostin työstämässä teosta Omnia Makerspaceissa. Kuvaaja: Henna Salo.

Sanastoa



AR (Augmented Reality): Lisätty todellisuus. Näkymä todellisesta ympäristöstä, johon on lisätty tietokonegrafiikalla tehtyjä elementtejä, joita tarkastellaan läpikatseltavan näytön kautta.

CAD (Computer Aided Design):
Tietokoneavusteinen suunnittelu.

CAM (Computer Aided Manufacturing):
Tietokoneavusteinen valmistus.

DBot: DigiTally-projektin puitteissa käytetty lisäopetusrobotti, jossa on edistyneitä ominaisuuksia, kuten kestävien elektronisten komponenttien integrointi.

Digital Twin: Suom. digitaalinen kaksonen. Todellisesta tuotantolinjasta tai koneesta luotu virtuaalinen simulointimalli.

Git: Avoimen lähdekoodin hajautettu versionhallintajärjestelmä.

Hackathon: Tapahtuma, jossa kehitetään tai tuotetaan ratkaisuja erilaisiin annettuihin haasteisiin ja toimeksiantoihin eri alojen osaajien tiimityönä tai kilpailuna.

Hackathon tulee englannin kielen sanojen hacking ja marathon yhdistelmästä.

Heikot signaalit: Epämääräisiä merkkejä muutoksista, jotka saattavat vaikuttaa yrityksen toimintaan, markkinoihin tai ympäristöön.

Hybridioppiminen: Yhdistelee fyysistä ja digitaalista oppimisympäristöä. Hybridioppiminen tarkoittaa sitä, että opetus tapahtuu samanaikaisesti fyysisessä tilassa ja etäyhteydellä verkon välityksellä.

Hybridi yhteistyötila: Lähi- ja etäosallistumisen mahdollistava tila.

IoT (Internet of Things): Suom. esineiden internet. Teknisten laitteiden automaattista tiedonsiirron järjestelmiä sekä internet-verkkojen avulla yhdistettyjen laitteiden etäseurantaa ja -ohjausta.

Koneteknologian alat: Laaja tekniikan ala, johon kuuluvat erilaisten laitteiden sekä koneiden suunnittelu ja valmistaminen. Siihen liittyvät muun muassa tuotekehitys, mallinnus, automaatio, robotiikka, tekoäly ja esineiden internet.

Mechatronics: Suom. mekatroniikka. Tieteenala, joka kattaa mekaaniset laitteet, konetekniikan, elektroniikan, sähkötekniikan, tietokonejärjestelmät, sekä automaatio- ja systeemitekniikan.

Mobile robots: Mobiilirobotiikka, joka tarkoittaa ohjelmoitavaa ja liikkuvaa robottia. Robotti osaa havainnoida ympäristöään, mukautua siinä oleviin esteisiin ja liikkua turvallisesti ihmisten seassa.

Moodle-oppimisympäristö: Virtuaalinen oppimisympäristö.

NLP-prosessi (Natural Language Processing): Automaattinen menetelmä, jonka avulla pystyy tunnistamaan eri lähteissä olevia aineistoja.

Pneumatiikka: Tekniikan ala, joka käsittelee paineilman ja -kaasujen käyttöä teknisiin tarkoituksiin.

Python: Yksi suosituimpia ohjelmointikieliä, jolle ovat ominaisia hyvä luettavuus, korkea abstraktiotaso ja kehittyneet kirjastot monilla eri sovellusalueilla.

Robo-Garage: Fyysinen tila Metropolia Ammattikorkeakoulussa, josta löytyvät työpisteet elektroniikka- ja sähköprojekteihin, puun ja metallin työstämiseen sekä 3D-tulostamiseen.

Robotic Operating System (ROS):

Robottikäyttöjärjestelmä, joka tarjoaa kattavan valikoiman ohjelmistokirjastoja ja työkaluja robottijärjestelmien kehittämiseen.

Robotiikka: Robotiikka on robottijärjestelmä, joka on rakennettu robottien kanssa yhteistoimintaan pystyvistä laitteista ja osaamisesta. Robotiikkaan kuuluvat teollisuusrobotiikka, kobotiikka ja mobiilirobotiikka.

Robotti: Roboteilla tarkoitetaan tietokoneohjattuja esineitä tai yleiskäyttöisiä koneita, joilla voi korvata ihmisen tekemää työtä.

SLAM (simultaneous localization and mapping): Tarkoittaa samanaikaista lokalisointia ja kartoitusta. Kyseessä on prosessi alueen kartoittamiseksi samalla, kun seurataan laitteen sijaintia kyseisellä alueella.

Tekoäly (Artificial Intelligence):

Tietokoneohjelma, joka pystyy jäljittelemään ihmisen päättelyä, oppimista, suunnittelemista tai luomisen kaltaista toimintaa.

Tentti-aktiiviteetti: Tekninen keino toteuttaa automaattitarkastettavia tehtäviä Moodle-oppimisenhallintajärjestelmässä.

TurtleBot3: Laajalti käytössä oleva robottialusta, jota käytetään tutkimuksessa, koulutuksessa ja kehitystyössä.

VR (Virtual Reality): Virtuaalitodellisuus. Keinotekoisesti tietokoneen avulla tuotettu ympäristö, jota välitetään käyttäjälle virtuaalilasien avulla.

X-Garage: Garage on avoin fyysinen tai virtuaalinen tila, johon voi tulla oppimaan, keskustelemaan ja ratkaisemaan ongelmia. X-etuliite ei tarkoita käytännössä mitään, vaan sen kohdalle voi laittaa aiheeseen soveltuvan etuliitteen.

Juha Rautamies

Muuttuvat osaamistarpeet ja niihin vastaaminen

KASVAVA ILMASTOTIETOISUUS, TARVE KESTÄVÄN KEHITYKSEN OSAAMISELLE JA VÄESTÖRAKENTEN MUUTOS LUOVAT MYÖS UUSIA OSAAMISTARPEITA UUELLEMAALLE.

Suomalainen koulutusjärjestelmä luo edellytykset toisen asteen ammatillisen koulutuksen jälkeisiin jatko-opintoihin, mutta siirtymiseen koulutusasteelta toiselle sisältyy kuitenkin erilaisia haasteita, kuten puutteet matemaattisessa osaamisessa ja ongelmaratkaisutaidoissa. DigiTally-hankkeen osana toteutettiin opinnäytetyö, jonka tavoitteena oli saada selville opiskelijoiden halukkuus opiskella koneautomaatiota sekä haasteet oppimisprosessissa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten voidaan edistää opiskelijoiden pääsyä jatko-opintoihin, eli kehittää toimiva malli sujuville siirtymille koulutusasteelta toiselle.

Erityisesti pääkaupunkiseutu kilpailee osaamisesta, investoinneista ja yrityksistä vähintään eurooppalaisessa sarjassa. Uudenmaan alueella on erityisen paljon osaamisvaltaista yritystoimintaa ja teollisuutta, joka on ollut riippuvaista kansainvälisestä osaamisesta. Myös koko Suomessa yritysten osaajapula alkaa rajoittaa yritysten kilpailukykyä. (Uudenmaan liitto 2020; Keskuskauppakamari 2021.)

Uudenmaan maakuntaan on keskittynyt muuta Suomea enemmän

kansainvälisen tason osaamista ja työpaikkoja. Erityisosaamisesta ja -osaajista on kova työvoimapula monella alalla, joilla kehitys on ollut nopeaa. Hyvänä esimerkkinä tästä ovat koneteknologian alat.

Kasvava ilmastotietoisuus, tarve kestävä kehityksen osaamiselle ja väestörakenteen muutos luovat myös uusia osaamistarpeita Uudellemaalle. Tämän lisäksi elinkeinorakenteen muutos luo enemmän korkeakoulutusta vaativaa työtä alemman koulutusluokan työpaikkojen vähentyessä. Kaikki tämä lisää nopean ja ketterän, digitaalisia taitoja kehittävän koulutuksen tarvetta Uudellamaalla.

Perinteisilläkin tekniikan aloilla, kuten koneteknologian aloilla, digitalisaatio on tullut pandemian myötä keskeisemmäksi osaksi tuotteita, tuotekehitystä, tuotantoa ja kunnossapitoa. (Uudenmaan liitto 2020; Keskuskauppakamari 2021.)

Tekniikan alan opetustoiminnassa on havaittu vetovoiman vähenemisen konkreettiset seuraukset – opiskelijoiden lähtötaso vaihtelee ja perustaidot ovat puutteellisia. Pääsääntöisesti alan valinneet jatkavat

alalla, mutta jatkuvan oppimisen polut eivät oppijan silmin katsottuna ole houkuttelevia ja selkeitä. Varsinkin tekniikan koulutuksessa asteelta toiselle siirtymistä tulee entisestään sujuvoittaa oppilaitosten välillä opetusyhteistyöllä.

Kyselyiden toteuttaminen

Opinnäytetyötä varten laadittiin kyselyitä sekä tehtiin haastatteluja toisen asteen kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon opiskelijoille Espoon seudun koulutuskuntayhtymä Omniassa syksyllä 2021. Niiden perusteella yli puolet noin 180 opiskelijasta oli harkinnut jatko-opintoja. Vaikka tämä kysely tehtiinkin rajatulle joukolle opiskelijoista, se antaa hyvän kuvan siitä, miten alan vetovoimaisuutta on saatu nostettua tässä oppilaitoksessa. Kyselyyn osallistuneista 19 opiskelijasta 14 oli harkinnut jatko-opintoja tulevaisuudessa.

Kysely toteutettiin Omniassa.

Suosituimmaksi jatko-opiskelukohteeksi osoittautui ammattikorkeakoulu, joka Espoon seudulla tarkoittaa käytännössä Metropolia Ammattikorkeakoulua. Yhteistyötä on jo rakennettu Omnian ja

Metropolian välillä myös kone- ja tuotantotekniikan aloilla ennen opinnäytetyön kyse- lyn toteuttamista.

Vastaajista 9/19 koki suurimmiksi haasteiksi taloudelliset ja ajankäytölliset vaikeudet, jotka korostuivat lähinnä perheellisillä opiskelijoilla. Muita haasteita olivat suomen kielen osaaminen lähinnä ammattisanaston osalta. Vastaajista haasteeksi tämän koki 10/19. He olivat maahanmuuttajia tai muuta kieltä äidinkielenään puhuvia.

Opinnäytetyön tulokset tukevat käsitystä siitä, että opiskelijoilla on halukkuutta ja kiinnostusta AMK-väylää kohtaan eli valmentautumiseen AMK-opintoihin yhteistyössä Metropolian kanssa. Sen sijaan opiskelijoiden valmiudet tämän AMK-väylän hyödyntämiseksi ovat puutteelliset. Yhtäältä opiskelijoiden tulisi olla paremmin tietoisia siitä, miten AMK-väylä toimii ja sen myötä millaista osaamista vaaditaan kyseiselle väylälle. Esimerkiksi ammattikorkeakoulu voisi olla tämän osalta nykyistä aktiivisempi toisen asteen opiskelijoiden suuntaan. Toisaalta tietoisuuden toisen asteen koulutuksen vaatimustasosta pitäisi olla parempi jo perusasteella. Tällä hetkellä

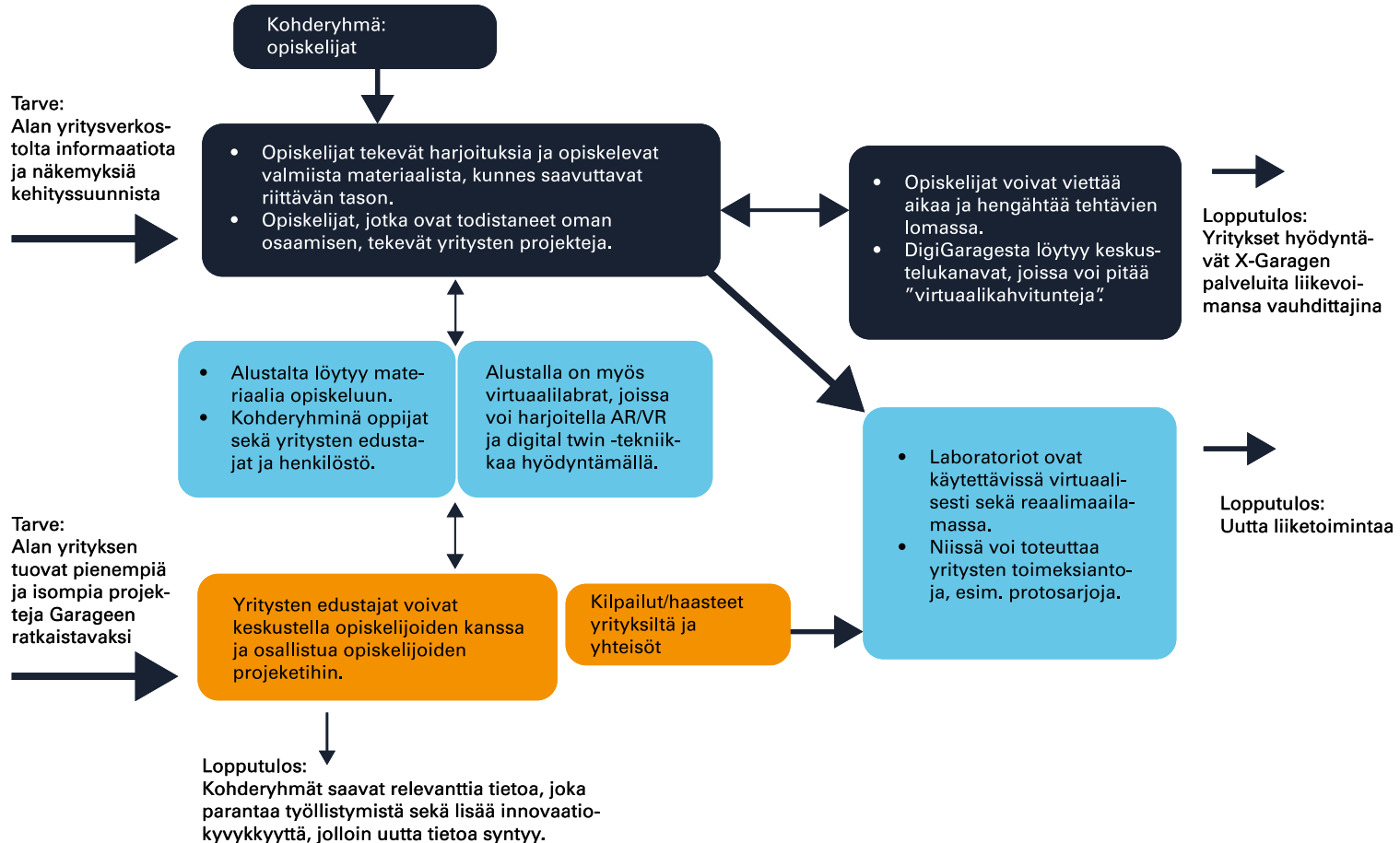
on monella peruskoulun päättäneellä merkittäviä puutteita muun muassa matematiikassa sekä äidinkiessä, etenkin viestinnän ja vuorovaikutuksen osalta.

DigiTally -hankkeen vastaus haasteeseen

DigiTally-hankkeessa pilotoitiin digi- ja hybridioppimisen lisäksi sujuvia siirtymiä toiselta asteelta ylemmille asteille. Tästä näkökulmasta oppilaitosyhteistyö sekä osaamistasoittain polutettujen digioppimateriaalien luominen ovat keinoja, joilla hankkeen tavoitteita pyritään saavuttamaan.

[Kuvassa 1](#) on esitetty, miten sujuvat siirtymät voidaan toteuttaa ja miten hankkeessa yhdistetään mukaan alan yritykset. Prosessi alkaa siitä, että kontaktoidaan eri koulutusasteiden opiskelijat, jotka opiskelevat koneautomaatiota. He suorittavat erilaisia harjoitustehtäviä saavuttaakseen työelämässä tarvittavan osaamisen, ja siinä yhteydessä tulevat kuvaan yritykset, joilla on erilaisia projekteja. Niitä aloitetaan tekemään opiskelijoiden voimin yhteistyössä alan yritysten edustajien kanssa.

X-Garage-toimintamalli



Kuva 1. Sujuvien siirtymien mallipohja (DigiTally 2021).

Samalla yritysten edustajat voivat vahvistaa omaa osaamistaan erilaisista tarjolla olevista oppimisalustoista virtuaalisesti, esimerkiksi AR/VR-tekniikkaa hyödyntämällä.

Työskentelyn aikana harjoituksia on mahdollista tehdä omaan tahtiin ja samalla keskustella yritysten edustajien kanssa työllistymisvaihtoehtoista joko suoraan tai välillisesti. Tällä menetelmällä pystytään valmentamaan opiskelijat paremmin olemassa oleviin yrityksiin ja varmistamaan, että opiskelijoilla on juuri oikeanlaisia osaamista oikeaan yhteistyöyritykseen nähden.

Sujuvien siirtymien mallipohja sekä tässä artikkelissa kuvattu opinnäytetyö ovat osa osaamistarpeiden ennakointimallia, jota on kehitetty DigiTally-hankkeessa. Alustavan pilotoinnin perusteella monenkeskinen yhteistyö sekä toisen ja korkea-asteen oppilaitosten että oppilaitosten ja yritysten välillä tukee opiskelijoiden ja alalla toimivien osaamisen kehittämistä. Tämä puolestaan tukee havaintoja, joita tehtiin opinnäytetyön ryhmähaastatteluissa, eli haasteista huolimatta halukkuutta jatko-opintoihin

on. DigiTally-hankkeen työ on yksi vaihe muuttuvan yhteiskunnan tarpeiden tunnistamisessa kone- ja tuotantotekniikan aloilla. Tämä auttaa osaltaan kohderyhmiä työllistymään ja pysymään työelämässä sekä yrityksiä vastaamaan pandemian jälkeisen ajan haasteisiin.

Artikkeli on muokattu kirjoittajan opinnäytetyön *Koneautomaation opetuksen kehittäminen digitalisaation avulla* (XAMK 2022) pohjalta.

Lähteet

DigiTally – Digitaalisten taitojen parantaminen koneteknologian aloilla. Päivitetty 1.9.2021. <https://www.digitally.fi/> [viitattu 5.12.2022].

Keskuskaupakamari. Ratkaisuja osaamisvajeeseen. https://kauppakamari.fi/wp-content/uploads/2021/02/Ratkaisuja-osaa-misvajeeseen_web.pdf [viitattu 5.12.2022].

Uudenmaan Liitto. 2020. Uudenmaan-alueen selviytymissuunnitelma 2020–2023. https://uudenmaanliitto.fi/wp-content/uploads/2021/10/Uudenmaan_alueellinen_selviytymissuunnitelma_2020-23.pdf [viitattu 5.12.2022].

Juha Porvali

X-Garage-toimintamalli ja sen kehittäminen

Toukokuun 25. päivä vuonna 2021
Metropoliassa avattiin juhlallisin menoin
käyttöön Metropolian Robo-Garage. Mutta
mikä on Robo-Garage tai mitä X-Garage
tarkoittaa?

X-GARAGEN NIMESSÄ ETULIITTEENÄ OLEVAN X:N PAIKALLE VOIDAAN SJOITTA SOVELTUVAN AIHEPIIRIN LYHENNE TAI MUU SOPIVA ETULIITE.

X-Garage-toimintamalli

Garage voi olla fyysinen tai virtuaalinen tila, johon henkilö voi tulla oppimaan, keskustelemaan, verkostoitumaan ja ratkaista ongelmia. Garage on avoin paikka kaikille, eikä osallistumiseen ole esitietovaatimuksia. Garage tarkoittaa englannin kielellä autotallia. Autotallit ovat toimineet monen yrityksen alkulähteenä, jossa ajatus tai idea on konkretisoitunut oikeaksi tuotteeksi ja aikanaan jopa innovaatioksi, avainsanana on kuitenkin toiminut konkreettinen tekeminen. Konkreettinen tekeminen kiinnostaa; ilmanlaadun ja -vaihdon syistä autotallin ovet ovat tyypillisesti auki, kun siellä tehdään jotain konkreettista. Tekemisestä yleensä lähtee myös ääntä, joka puolestaan houkuttelee paikalle yleisöä ja asiasta kiinnostuneita henkilöitä. Metropolia, yhdessä yhteistyökumppaneiden kanssa, laajentaa Autotalli-konseptia palvelemaan tämän päivän oppijoita, yrityksiä, oppilaitoksia sekä niiden välisen yhteistyön mahdollistamista.

X-Garagen nimessä etuliitteenä olevan X:n paikalle voidaan sijoittaa soveltuvan aihepiirin lyhenne tai muu sopiva

etuliite. Esimerkiksi robotiikasta kiinnostuneet henkilöt voivat vierailla Metropolian Robo-Garageissa. Robo-Garage on siis yksi aihepiirikohtainen esiintymä Garage-verkostossa, fyysinen tila sijaitsee Metropolian Myyrmäen toimipisteessä. Metropolian Myyrmäen toimipisteessä toimii tekniikan ja liiketalouden opetus-toiminta. Toteuttajan ja sijainnin takia yksi luontainen kohderyhmä ovat oppilaitoksen opiskelijat, mutta myös oppilaitosten ulkopuoliset henkilöt voivat osallistua Garageiden toimintaan esimerkiksi oppijoina.

Toimintamallin kantavana ajatuksena on ottaa mukaan alalla jo toimivat yritykset ja verkostot. Oikeastaan voidaan sanoa, että toiminta ei olisi mahdollista ilman alan yrityksiä – suuria, pieniä ja keskiko-koisia. Ennen nyt kehitettävää toimintamallia yritysten tarjoamien projekti-ideoiden ja opiskelijoiden yhdistäminen on ollut yksittäisten lehtorien tai muun oppilaitoksen henkilökunnan varassa. Ilman olemassa olevaa verkostoa tai tuttua oppilaitoksen työyhteisön jäsentä on ollut vaikea saada omaan ongelmaansa ratkaisua, ratkaisijaa tai ylipäättään apua. Nyt kehitettävän

toimintamallin on tarkoitus helpottaa myös uusien yritysten, esimerkiksi startuppien, osallistumista X-Garage-verkoston toimintaan. Yritykset osallistuvat toimintaan kuitenkin heitä edustavien henkilöiden kautta, joten ilman olemassa olevia verkostoja yhteistyötä oppilaitosten kanssa ei ole ollut helppo saada käyntiin.

Yhtenä toimintamallin ajatuksena on myös ollut valmistuvan opiskelijan tietojen ja taitojen kohtaaminen yritysten osaamistarpeiden kanssa. Opetussuunnitelman pakollisista opintojaksoista saadaan hyvät perustiedot opiskelijalle, mutta syventyminen jää vapaasti valittavien opintojaksojen kontolle. Ne eivät välttämättä tarjoa tarpeeksi syventävää opetusmateriaalia tai opetusmateriaalissa ratkaistaan eilisen ongelmia.

Toinen vaihtoehto syventää osaamistaan on henkilön harrastuneisuus eli omalla ajalla oppiminen, johon Garage pystyy tarjoamaan puitteita. Toimintamallin tarkoituksena on yhdistää yrityksiltä saatava informaatio sekä näkemys alan kehityssuunnista ja Garagessa tarjottava opetusmateriaali, jolloin sitä hyödyntävä

oppija saisi ajantasaista ja paremmin yritysten tarpeisiin soveltuvaa osaamista. Opetusmateriaalin kehittäminen kuuluu olennaisesti jokaisen Garagen omaan sisäiseen toimintaan, jota voidaan kohdentaa ulkopuolisten herätteiden avulla.

Käytännössä osallistuvat yritykset voivat myös tarjota Garagen oppijoille suurempia ja pienempiä projekteja ratkaistavaksi, mikä tarjoaa projektiin osallistuville garagelaisille mahdollisuuden oppia tekemällä. Nämä projektit tarjoavat myös erinomaisen väylän opiskelijoille luoda kontakteja alan yrityksiin, mikä puolestaan helpottaa alalle työllistymistä. Kokemukset ja palaute tekemällä oppimisesta, eli teorian tuomisesta käytäntöön, esimerkiksi lukuisista ajoneuvoprojekteista, ovat olleet Metropoliasa erittäin positiivisia ja monen metropolialaisen ajoneuvo- ja konetekniikan opiskelijan mielessä jatko-opintopaikkaa hakiessa.

Garagessa tarjolla oleva opetusmateriaali on tarkoitettu myös toimintaan osallistuvien yritysten henkilöstön käyttöön, jotta yrityksissä jo olemassa oleva työvoima saisi paremmat työkalut tämän päivän ongelmien ratkaisuun. Myös alalla jo toimivien

henkilöiden palaute opetusmateriaalista edesauttaa sen kehitystyötä.

Jos Garage toimii jo, miksi sitä täytyy kehittää?

Jotkin ongelmat ovat yksinkertaisia ja aihealueeseen tiukasti sidottuja, mutta yritykset voivat kohdata myös monialaisia haasteita. Insinöörien työlle ominaista on ongelmien ratkaisu, esimerkiksi mekaanisen suunnittelun saralla ongelma voi olla jonkin komponentin mekaaniseen kestävyyden riittämättömyys käytännössä. Tällöin ongelma on sidottu tiukasti yhteen aihepiiriin, mutta yritysten kohtaamat ongelmat saattavat olla monialaisia, esimerkiksi mekaanisen kestävyyden lisäksi pitäisi ottaa huomioon vaikkapa teollinen muotoilu. Monialaisiin haasteisiin voidaan vastata paremmin verkoston avulla, joten tarkoituksena on luoda erilaisten Garageiden verkosto, jolla pystytään vastaamaan monialaisiin ongelmiin, kantavana lauseena: yhdessä olemme enemmän. Kukin DigiTally-hankkeeseen osallistuva oppilaitos (Aalto-yliopisto, Helsingin yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu ja Omnia) on mukana omalla erityisosaamisellaan ja

kohdeyleisöllään ja sitä kautta luomassa oman aihealueen Garagea tai Garageita. Yhdessä nämä erillisten toimijoiden Garaget luovat Garageiden verkoston, jolla on kyky vastata monialaisiin ongelmiin tai löytää valtavirrasta poikkeava ja kenties innovatiivinen ratkaisu yritysmaailmasta tulleeseen ongelmaan.

Kullakin oppilaitokselle on kuitenkin oikeus olla käyttämättä Garage-nimitystä omassa ratkaisussaan sekä vapauksia oman Garagen ulkonäön luomiseen. Ilman yhteistä sijaintia on luotava jokin toinen vaihtoehtoinen tapa tuoda Garaget yhteen. Siksi tämän hankkeen yhteydessä on kehitetty digitally.fi-sivustoa. Siellä vieraileva oppija pääsee käsiksi aihepiirien koulutuksiin, ajankohtaisiin tapahtumiin sekä hankkeen tekijöiden blogikirjoituksiin.

Kun osallistuvat organisaatiot ovat eri koulutusaloilta ja -tasoilta, pystytään yhdessä tarjoamaan soveltuva opintomateriaalia hyvin laajasti. Edistynyt tai motivoitunut ammattikouluopiskelija pystyy tutustumaan ammattikorke- tai yliopistotaseeseen opetusmateriaaliin oman mielenkiintonsa mukaan ja täten syventämään

osaamistaan mielenkiinnon kohteena olevan aihepiirin saralla. Vastavuoroisesti yliopistossa opiskeleva henkilö voi tutustua ammattikoulun tarjoamaan opetusmateriaaliin, joka on luonteeltaan käytännönläheisempää. Parhaimmillaan materiaali pystyisi palvelemaan hyvin laajasti oppilaitoksen ulkopuolista oppijaa, joka pystyy tutustumaan aluksi ammattikoulun tarjoamaan materiaaliin, voi sitten siirtyä ammatikorkeakoulun materiaaliin ja lopuksi yliopiston tarjoamaan materiaaliin. Opiskelun jälkeen oppijalla on vähintään melko hyvä käsitys aiheesta, johon on päässyt tutustumaan Digitally-hankkeessa tuotetun opetusmateriaalin kautta.

||| KULLAKIN
OPPILAITOKSELLE ON
KUITENKIN OIKEUS
OLLA KÄYTTÄMÄTTÄ
GARAGE-
NIMITYSTÄ OMASSA
RATKAISUSSAAN.

Pekka Juutilainen

Teollisuusrobotiikka ja koneautomaatio


Keräilyrobotteja käytetään yhä yleisemmin elintarviketeollisuudessa. Nyt meneillään olevan neljännen teollisen vallankumouksen yksi keskeinen muutos on kaikenlaisten rutiinitehtävien automatisointi. Aiemmin esimerkiksi suklaat ja munkit keräiltiin käsin ja paketoitiin. Pick and Place -robottilinjan investointikustannukset ovat noin 100 000–150 000 €, ja se korvaa 2–4 työntekijää, joten investointi on helppo perustella. Esimerkiksi joissain yrityksissä alle vuoden takaisinmaksua ei edes kutsuta investoinniksi, kun se voidaan ottaa kassavirrasta.

Omniassa keskeinen koneautomaation oppimisympäristö ja oppimisen kohde on Omron deltarobotin Pick and Place -robottilinja.

DigiTally-hankkeeseen liittyy Pick and Place -robottilinjan jatkokehitys. Keväällä 2023 deltarobottiin suunniteltiin lisäosat, kappaleiden automaattinen syöttö ja pakkaus. Linjan automaattinen syöttö tarkoittaa Anyfeeder-täryä (pienet kappaleet), Skara-robottia ja konenäkökameraa.

Oppilaat ovat suunnitelleet ja rakentaneet lisäosan mekaniikan ja opiskelleet ohjelmointia (kappaleiden pakkaus yhteistoimintaroboteilla). Projektiin ovat kuuluneet myös oppilaiden tekemät digimateriaalit. Digimateriaaleihin täydennetään vielä myöhemmin sekä Skara-robotin että yhteistoimintarobottin ohjelmointiharjoituksia. Myös ohjeistus koko linjaston käyttöön tarvitaan. Se tarkoittaa, että voidaan esimerkiksi ottaa oikeita asiakastöitä linjastoon, jolloin oppilaiden täytyy osata ohjelmoida tavaroiden syöttö, deltarobotti välissä ja yhteistoimintarobotti pakkauspäässä. Teollisuusrobotiikan

oppimiskokonaisuuden päivitys yllä kuvatulla tavalla, eli yhteistyössä laitetoimittajien kanssa ja osallistamalla opiskelijat, on kehittänyt kone- ja tuotantotekniikan opetusta paitsi ajanmukaisten sisältöjen myös uusien yhteistoimintakäytäntöjen osalta.



NYT MENEILLÄÄN
OLEVAN NELJÄNNEN
TEOLLISEN
VALLANKUMOUKSEN
YKSI KESKEINEN
MUUTOS ON
KAIKENLAISTEN
RUTIINITEHTÄVIEN
AUTOMATISOINTI.

Esko Lius

Hybriditilat palvelevat oppimista ja työelämää

Hybridi yhteistyötila on joustava toimintamalli, joilla ammatillinen oppiminen ja työelämä vastaavat digitalisoitumisen ja monimuotoistuvan työkuulttuurin tuomiin muutoksiin. Tällaiset tilat tukevat yhtäältä opiskelijoiden ja työelämän kohtaamisia ja toisaalta mahdollistavat lähi- että etäosallistumisen.

Ammatilliset osaamisvaatimukset ja työn tekemisen tavat ovat muuttuneet viimeisen vuosikymmenen aikana nopeasti. Oppilaitoksissa muutos oli hitaampaa aina vuoteen 2020 saakka. Tuolloin myös koulutusorganisaatioiden oli pakko reagoida, kun covid-19-pandemia pakotti sulkemaan kampuksia sekä järjestämään opetuksen ja ohjauksen etänä.

Syksyllä 2021 aloittaneen DigiTally-hankkeen ajoitus ja tavoitteet osuvat kone-tekniikan osalta voimakkaaseen murros-vaiheeseen. Hankkeessa onkin pilotoitu ja pyritty mallintamaan, millä tavoin oppimisen ja työelämän uudenlaista yhteistoimintaa voisi tehdä hybriditoteutuksina.

Hankerahakemuksessa näitä tiloja luonnehdittiin käsitteellä ”X-Garage”. Hankkeen aikana itse kukin toimijaorganisaatio on etsinyt omia tapojaan vastata siihen, mitä nämä X-Garaget ovat konetekniikan erilaisten osa-alueiden ja osaamisvaatimusten näkökulmasta.



Kuva 1. Omnia Makerspacen tilaisuuksissa kohtaavat työelämä, opiskelijat ja opetusalan toimijat. Useimmiten teemoina ovat uusi teknologia, yrittäjyys ja yhteistyö. Kuvaaja: Esko Lius.

Omnia Makerspace

Omniassa ”X-Garagen” eli Omnia Makerspacen toiminnan keskiössä ovat toisen asteen kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon ammatilliset opiskelijat. Koska Omnia on monialainen elinikäisen oppimisen palvelujen tarjoaja Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueella, on Makerspacen palvelun kohderyhmät ha-
luttu nähdä laajasti yrityksistä opiskelijoihin, opettajista avoimeen sivistystyöhön ja työelämän ulkopuolella oleviin kansalaisiin saakka.

Omnia Makerspace on avoin yhteistyökentelytila, jonka toiminnan keskiössä ovat digitaalinen suunnittelu ja fyysisten tuotteiden prototyyppi, kokeilukulttuuri ja monenkeskiset projektit sekä työelämässä oppiminen. Toiminta kattaa monenlaisia alueita robotiikasta puusepäntyöhön ja tekstiilipainatuksesta podcastien tekemiseen.

Tällaisen teknologiakehittämisen ytimessä on maker-kulttuuri. Tämän teknologialähtöisen tee se itse -toimintatavan pääpiirteitä ovat Kiertotalouden keksinnöt koulussa -blogin mukaan:

- ▶ digitaalisten työkalujen käyttö
- ▶ kulttuurinen normi jakaa suunnitelmia ja tehdä yhteistyötä verkossa
- ▶ yleisten suunnittelustandardien käyttö jakamisen ja nopean iteroimisen mahdollistamiseksi. (University of Helsinki, ei päiväystä.)

Omnia Makerspace sijaitsee A Grid -startup-yhteisön keskellä Aalto-yliopiston kampuksella Espoon Otaniemessä. Aalto Campus Real Estate Oy (ACRE) vastaa tilasta ja sen ylläpidosta. ACREn osalta toiminta-ajatuksena on tarjota lisäarvoa A Gridin startupeille. Omnian vastuulla ovat laitteisto, materiaalit, ylläpito ja toiminnalliset henkilöstöresurssit. Omnialle on tärkeää tarjota oppijoilleen ja opetushenkilöstölleen mahdollisuuksia tutustua uuteen teknologiaan sekä vahvistaa opiskelijoiden, opettajien ja yritysten sidoksia.

Varsinkin startupien henkilöstö hyödyn-
tää tiloja ja laitteita melko itsenäisesti tar-
peen mukaan. Käytettävissä on muun-
muassa 3D-tulostimia, robotiikkaa, viny-
litulostin ja -leikkuri, laserleikkuri, elekt-
roniikan rakennussarjoja, juotospöytiä ja
virtuaalitodellisuuslaitteita. Mediastudiossa

on valokuvauksen, videoiden ja pod-
castien tekoon tarvittava varustus. Pääsääntöisesti näiden käyttö ja materiaa-
lit ovat kaikille maksuttomia. Lisäksi Omnia Makerspace:ssa on paljon erilaisia tilaisuuksia sekä paikan päällä että hybridisti: koulu-
tuksia, hackathoneja, miniseminaareja, työ-
pajoja ynnä muita.

Omnia Makerspacen toimintaa kuvaa hy-
vin se, mitä InnovatiVET-hanke kirjoitti tut-
kimuksessaan eurooppalaisista maker-ti-
loista: ”Monet makerspace-tilojen jäsenet
käyttävät tiloja pääasiallista tulonlähdet-
tään varten. Muille tilat puolestaan anta-
vat mahdollisuuden taiteelliseen ilmaisuun
tai yhteisölliseen osallistumiseen. Kaikissa
näissä esimerkeissä tilan käyttö johtaa lä-
hes aina taitojen oppimiseen.” (Kylänpää
2019, 8.)

Konsepti on saanut hyvää palautetta, ja
suosio näkyy myös kävijämäärissä. ACREn
mukaan Omnia Makerspace on A Gridin
aktiivisin yhteistyötila. Vuonna 2022 kävi-
jälaskurin mukaan tilassa kävi 7000 hen-
kilöä. Vuonna 2023 toukokuun puolivä-
liin mennessä on kertynyt 5000 kävijää.
Säännöllisimmin tiloissa käy luonnollisesti

saman talon startup-henkilöstö. Muita aktiivisia kävijäryhmiä ovat Omnian asiakkaat ja opetushenkilöstö, Business Espoo -verkosten jäsenet sekä kotimaiset ja erityisesti kansainväliset vierailijat.

Ammatilliset opiskelijat ovat käyttäneet Omnia Makerspacen ja sen yhteydessä myös startup-yritysten mahdollisuuksia moninaisesti. He osallistuneet kurssimuotoiseen opiskeluun (esim. tekoäly-, robotiikka- ja hyvinvointikurssit), hackathoneihin (yhdessä Haaga-Helian opiskelijoiden kanssa) ja toteuttaneet projektioppimista yritysten alaisuudessa omien TEO- eli työelämässä oppimisen jaksojen yhteydessä.

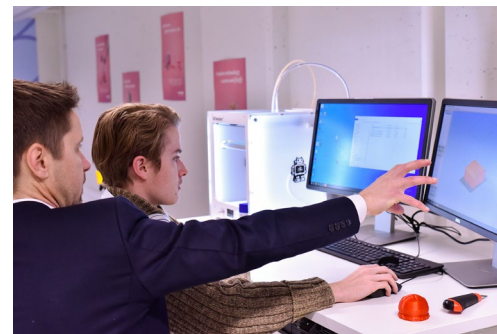
Suora vuorovaikutus ammatillisen koulutuksen opiskelijoiden enemmistön kanssa on jäänyt vähäiseksi, koska tila sijaitsee erillään Omnian kampuksista eikä erillisiä viestintäkampanjoita ole ollut mahdollista järjestää. Niinpä tilan ovat löytäneet lähinnä ne, joiden opettajat tuntevat sen mahdollisuudet tai joille teknologiapohjainen osaamisala tai startup-yhteisöjen tarpeet tuovat erityistä lisäarvoa.

Toinen Omnian kannalta merkittävä Omnia Makerspacea hyödyntänyt asiakasryhmä ovat Espoon työväenopiston opiskelijat, jotka ovat osallistuneet kursseille ja tehneet omia kurssitöitään muun muassa 3D-tulostuksen sekä laserleikkauksen parissa. Tämän kohderyhmän kannalta ilta-aukioloaikojen puuttuminen ja sijainti syrjässä työväenopiston Tapiolan-tiloista rajoittaa käyttöä.

Hybridiyhteistyötilojen hyötyjä ammatillisessa koulutuksessa

Hybridin yhteistyötilan toimintamallissa on monia vahvuuksia verrattuna perinteisiin luokahuone- tai yritystilaratkaisuihin:

- ▶ Parempi saavutettavuus ja joustavuus: digitaaliset työkalut ja resurssit tuovat oppimisen laajemman yleisön saataville erilaisten oppimistyylien ja aikataulujen mukaisesti.
- ▶ Reaalimaailman kokemus: tekemällä tiivistä yhteistyötä yritysten ja teollisuuden kanssa opiskelijat saavat käytännön taitoja ja kokemusta, mikä parantaa heidän työllistettävyyttään.



Kuva 2. Omnian opiskelija saa ohjausta 3D-mallinnukseen työelämässä oppimisen jaksolla. Kuvaaja: Esko Lius.

- ▶ Yhteistyö ja verkostoituminen: opiskelijat saavat mahdollisuuksia tehdä yhteistyötä projekteissa ja verkostoitua ammattilaisten kanssa, edistää yhteisöllisyyttä ja rakentaa arvokkaita yhteyksiä valitsemallaan alalla.
- ▶ Sopeutumiskyky: integroimalla digitaaliset työkalut ja tekemällä yhteistyötä työelämän kanssa opiskelijat oppivat sopeutumaan muuttuviin työympäristöihin, mikä valmistaa heitä työn tulevaisuuteen.

Hybridien yhteistyötyötilojen tulo ammatilliseen koulutukseen on vastaus työn muuttuvaan luonteeseen ja maailmamme liisääntyvään digitalisoitumiseen. Kuromalla umpeen digitaalisten ja fyysisten oppimisympäristöjen välistä kuilua ja edistämällä läheisiä siteitä työelämään nämä tilat tarjoavat dynaamisen, joustavan ja käytännöllisen oppimiskokemuksen. Omnia Makerspace on osoittautunut lupaavaksi ratkaisuksi, joka antaa oppijoille taitoja ja kokemuksia, joita he tarvitsevat menestyäkseen työelämässä.

Lähteet

Kylänpää, Celine 2019. Yhteisölliset työtilat ja FabLab. InnovatiVET-hankkeen tuotos 4 – työkalupakki. https://issuu.com/celinekylanpaa/docs/io4_fil [viitattu 19.5.2023].

University of Helsinki. Ei päiväystä. Artikkel Maker-kulttuuri, Kiertotalouden keksinnöt koulussa -blogissa. <https://blogs.helsinki.fi/kiertotaloudenkeksinnot/keksintojen-tekeminen/maker-kulttuuri> [viitattu 15.5.2023].

Tero Karttiala

Tuotekehityksen Garage – digitaalisen oppimisympäristön kehittäminen

OPISKELIJAT OMAKSUVAT ASIOITA ERI NOPEUDELLA JA MAHDOLLISET HÄIRIÖT SAATTAVAT VAIKUTTA OMAKSUMISKYKYYN.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli kehittää digitaalinen oppimisympäristö, jossa opiskelijat voivat tehdä tehtäviä ja oppia yhdessä muiden opiskelijoiden kanssa. Tavoitteena oli tarjota opiskelijoille mielenkiintoista digitaalista sisältöä, jonka avulla toivotaan oppimiskokemuksen olevan hauska ja motivoiva. Oppimisympäristön kehittämisen yhteydessä tehtiin opetusmateriaalia tietokoneavusteista suunnittelua ja valmistusta varten (engl. Computer Aided Design, CAD ja Computer Aided Manufacturing, CAM).

Jotta edellä mainittujen digitaalisten sisältöjen jakelu onnistuu, tarvitaan myös alusta, jolla materiaali saadaan julkaistua. Yhtenä hankkeen tavoitteena olikin luoda oppimisympäristö, jonka opiskelijat kokisivat kiinnostavaksi ja hyödylliseksi. Tavoite oli myös, että oppimisympäristö tarjoaisi opettajille hyvät välineet ja materiaalit opetuksen tueksi sekä vähentäisi opetuksen mekaanista työkuormaa.

Hankkeen tekijöiden omat kokemukset ja havainnot tietokoneavusteisen suunnittelun opetusmenetelmistä toimivat pohjana idealle, jossa opetus siirrettäisiin digitaaliseen muotoon. Perinteisessä

luokkaopetuksessa harjoitustehtäviä tehdään tarkoitukseen soveltuvalla ohjelmalla. Harjoitukset tehdään opettajan johdolla siten, että opettaja näyttää videotykillä omalta näytöltä esimerkkiä ja selittää samalla taustaa aiheeseen. Tämän opetustavan heikkoudeksi hankkeen työntekijät ovat havainneet sen, että jos etenemisnopeus on vakio, se sopii kovin harvalle. Opiskelijat omaksuvat asioita eri nopeudella ja mahdolliset häiriöt saattavat vaikuttaa omaksumiskykyyn. Hitaimmille opiskelijoille opettaja etenee liian nopeasti ja nopeimmille liian hitaasti.

Hyväksi puoleksi kyseisessä opetustavassa hankkeen tekijät ovat huomanneet sen, että kaikki opiskelijat tekevät samaa tehtävää samaan aikaan. Tämä johtaa siihen, että tehtävästä syntyy opiskelijoiden keskuudessa keskusteluja ja yhteistä pohdintaa opitunnin ulkopuolella. Oppiminen siis jatkuu, vaikka opetustilanne olisi ohi.

Digitaalisen oppimisympäristön nähtiin olevan ratkaisu edellä kuvattuun haasteeseen. Erityisesti videoiden tuottaminen harjoitustehtävistä ratkaisee etenemisnopeuteen liittyvän ongelman. Opiskelijoiden

tehdessä harjoitustehtäviä ohje- tai opetusvideoiden avulla heillä on mahdollisuus pysäyttää video, kelata takaisinpäin tai katsoa video nopeutettuna. Jokainen opiskelija voi siis päättää itse oman etenemisnopeutensa.

Hankkeen edetessä havaittiin, että digitaalinen oppimisympäristö mahdollistaa tehtävien toteuttamisen tehokkaasti ja opettajan resursseja säästään. Tehtävien automaattisen tarkastamisen havaittiin olevan hyödyllinen kehittämisen kohde. Automaattinen tarkastaminen mahdollistaa opiskelijalle välittömän palautteen heti tehtävän palautuksen yhteydessä sen sijaan, että hän joutuisi odottamaan, että opettaja ehtii tarkastamaan tehtävät. Opettajan näkökulmasta automaattitarkastus mahdollistaa suuremman tehtävämäärän teettämisen ja vapauttaa resursseja muuhun työhön. Automaattinen tarkastus vaatii kyllä ylläpitoa, mutta tämä työmäärä on huomattavasti pienempi kuin tehtävien tarkastamiseen kuluva aika.

Digitaalisen oppimisalustan avulla tehtävistä voi tehdä myös parametrien pohjalta automaattisesti muuntuvia, eli yhdestä

tehtävästä voi tehdä lukuisia variaatioita, joissa jokin parametri muuttuu ja sitä kautta myös oikea vastaus. Tämän tyyppinen tehtävä on hyödyllinen erityisesti tenttitehtävissä, joissa halutaan estää mahdollinen vilppi. Tehtäviä voidaan soveltaa esimerkiksi siten, että jokaisella opiskelijalla on tentissä sama tehtävä mutta eri lähtöarvot. Tällöin myös vastaus kysymykseen on eri.

Opiskelijoiden keskuudessa käytävillä käytöjen keskustelujen tilalla hankkeen pilottitoteutuksessa kokeiltiin foorumien käyttämistä. Keskustelujen herättäminen vaatii kuitenkin opiskelijoilta ja opettajilta aktiivisuutta. Tämä jäi hankkeen aikana hieman taka-alalle, mutta keskustelufoorumien potentiaalia kannattaa ehdottomasti jatkossa tutkia.

Oppimisympäristön kehittäminen

Hankkeessa suunniteltiin oppimisympäristö, jonka avulla voidaan tarjota mahdollisimman houkutteleva ja innostava oppimiskokemus.

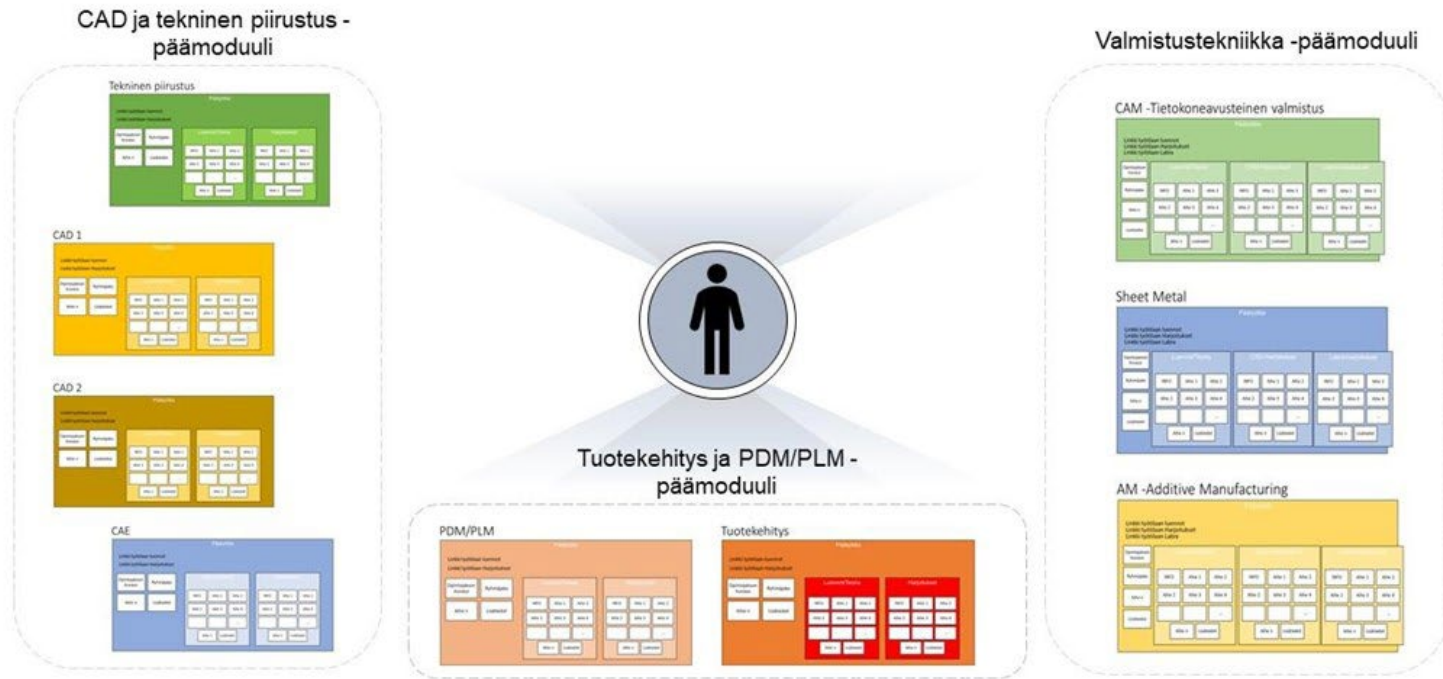
Hankkeessa havaittiin kaksi avainasiaa, joilla pystytään vastaamaan sekä opiskelijoiden että opettajien tarpeisiin: vahvasti modulaarinen rakenne, joka jakaa materiaalin aiheiden mukaan, sekä haastavuuteen pohjautuva luokittelujärjestelmä, joka jakaa moduulit haastavuustason mukaan.

Hankkeen aikana luotu oppimisympäristö on toteutettu Moodle-oppimisympäristöön. Järjestelmä soveltuu hyvin digitaaliseen materiaaliin pohjautuvaan opetukseen, vaikka se asettaa myös joitakin rajoitteita teknisen toteutuksen ja visuaalisen ilmeen suhteen.

Moduulirakenne Moodle-oppimisympäristössä

Moduulirakenteisen oppimisympäristön ajatuksena on antaa opettajalle mahdollisuus koostaa moduuleista oppimiskokonaisuuksia. Opettaja voi esimerkiksi tarpeen mukaan painottaa jotain osa-aluetta tai luoda laajan kokonaisuuden. Opettaja voi myös aloittaa oppimiskokonaisuutensa siltä tasolta, jolla arvelee opiskelijoidensa olevan.

Product Development Garage



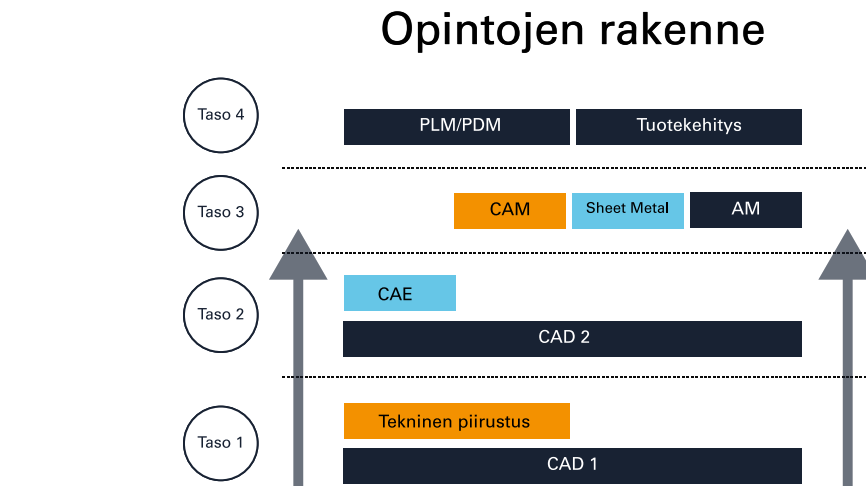
Kuva 1. Product Development Garage -moduulirakenne.

Opiskelijalle moduulit mahdollistavat erilaiset oppimispolut. Opiskelijoilla saattaa olla hyvinkin erilainen lähtötaso, tai opiskelijaa voi kiinnostaa vain jokin tietty aihe. Valitsemalla omaan osaamistasoonsa sopivan moduulin opiskelija saa juuri oikeanlaista opetusta. Toisaalta jos opiskelijaa kiinnostaa vain jokin tietty aihe, hän voi valita siihen sopivan moduulin.

Moduulirakenne koostuu kolmen eri tason moduuleista ja työtiloista. Korkeimmalla tasolla ovat päämoduulit, seuraavalla tasolla aihekohtaiset moduulit ja kolmannella tasolla työtilat.

Kuvassa 1 on esitetty Product Development Garage -moduulirakenne. "Product Development Garage" koostuu kolmesta päämoduulista: CAD ja tekninen piirustus; Tuotekehitys ja PDM (Product data management, tuotetiedonhallinta) / PLM (Product lifecycle management, tuotteen elinkaaren hallinta); ja Valmistustekniikka.

Jokainen päämoduuli sisältää aihekohtaisia moduuleita. Esimerkiksi CAD ja tekninen piirustus -päämoduulin sisältä löytyvät aihekohtaiset moduulit Tekninen piirustus,



Kuva 2. Työtilojen moduulit haastavuustasojen mukaan.

CAD 1, CAD 2 ja CAE (computer aided engineering).

Aihekohtaiset moduulit rakentuvat Moodle-työtiloista, joista löytyy aiheeseen liittyvä materiaali. Esimerkiksi CAD 1 moduuli koostuu kahdesta eri työtilasta.

Luokittelu haastavuuden mukaan

Hankkeen edetessä huomattiin tarve luokitella moduulit haastavuustason mukaan. Tämä luokittelu auttaa opettajaa

koostamaan moduuleista oikeassa järjestyksessä eteneviä kokonaisuuksia. Opiskelija voi myös arvioida luokittelun avulla oman lähtötasonsa ja suunnitella sen jälkeen oman opintopolkunsa.

Kuvassa 2 työtilojen haastavuus kasvaa alhaalta ylöspäin. Luokittelu on suuntaa antava, mutta työtiloissa olevien tehtävien menestyksekkäs tekeminen edellyttää alemman tason työtilojen asiasisällön kohtuullista hallintaa.

CAD 1 ja tekninen piirustus ovat ensimmäisen tason aihekohtaisia moduuleja. Näitä opiskellakseen opiskelija ei tarvitse lähtötietoja. Ne on myös luokiteltu samalle tasolle, koska niiden osaaminen tukee toinen toistaan. Toisella tasolla on aihekohtainen moduuli CAD 2, ja jotta siinä olevia asioita voi opiskella, on opiskelijan hallittava ensimmäisen tason asiat riittävällä tavalla. Tasolla kolme ovat valmistukseen liittyvät aihekohtaiset moduulit. Jotta näissä moduuleissa olevat asiat olisi helppo omaksua, on opiskelijan hallittava alempien tasojen asiat.

Kuten aiemmin mainittiin, luokittelu on suuntaa antava. Ylemmän tason asioita voi opiskella, vaikka opiskelija ei hallitse alemman tason asioita. Tällöin oppiminen saattaa olla haastavampaa, mutta ei mahdotonta.

Materiaalin kehittäminen

Hankkeen aikana tuotettiin opetusmateriaalia eri muodoissa. Materiaalit koostuivat ohjevideoista, pikaohjeista, teknisistä piirustuksista, tenteistä ja tehtävien

palautuksista sekä automaattisesti tarkastettavista tehtävistä.

Hankkeen aikana tuotetun oppimateriaalin ajatuksena on ollut, että oppiminen perustuu tehtävien tekemiseen. Tehtävää tehdessään opiskelija kohtaa haasteita, ja niitä ratkoessa tapahtuu oppimista.

Hankkeen tekijöiden havaintojen perusteella videoiden on koettu olevan erityisen sopiva tiedonvälitystapa tietokoneavusteisen suunnittelun ja valmistuksen opetuksessa. Videoiden sopivuutta tämän tyyppiseen opetukseen puoltaa se, että niiden tuottaminen on kohtuullisen vaivatonta ja opiskelijoille videoiden käyttö sallii omissa tahdissa etenemisen. Hankkeen aikana kerätyn opiskelijapalautteen perusteella opiskelijat ovat kokeneet videoiden käytön opetusmateriaalina erityisen hyödylliseksi.

Hankkeen aikana tuotetussa moduulityypissä oppimisympäristössä tehtävät ja opetusmateriaalit on ryhmitelty siten, että tehtäviin liittyvä opetusmateriaali on helposti saatavilla samassa paikassa kuin tehtävät.

Videot ja niiden tuottaminen

Erilaiset videot voidaan jaotella eri videotyypeiksi niiden käyttötarkoituksen perusteella. Tässä hankkeessa videot luokiteltiin kolmeen eri tyyppiin: ohjevideot, opetusvideot ja luentovideot.

Ohjevideolla tarkoitetaan videota, jolla ohjeistetaan jonkin asian tekeminen. Ohjevideo ei sisällä taustaa tai teoriaa aiheesta, vaan sen tarkoitus on neuvoa katsojaa, miten jokin asia tehdään.

Opetusvideolla tarkoitetaan videota, jonka avulla opiskelija saa tehtyä jonkin tehtävän ja oppii aiheeseen liittyvät asiat. Suurin osa hankkeen aikana tuotetuista videoista on tätä videotyyppiä. Opetusvideo sisältää ohjeen tehtävän tekemiseen sekä teorian ja taustan aiheeseen liittyen. Tehtävän ja opetusvideon yhdistämisellä on pyritty siihen, että vastataan niihin autenttisiin kysymyksiin, joita opiskelijalle tulee eteen tehtävää tehdessä (Leppisaari, Ihanainen, Nevgi, Taskila, Tuominen & Saari 2008). Samalla kun opiskelija huomaa jonkin autenttisen kysymyksen, videolta löytyy asialle

taustaselitys ja mahdolliset ohjeet tehtävän ratkaisemiseksi.

Luentovideolla tarkoitetaan videota, jolla opetetaan jonkin aiheen teoriatausta. Luentovideon rakenne perustuu luentokalvojen avulla luennointiin, ja videolla opettaja puhuu aiheesta luentokalvoihin tukeutuen. Opiskelijalla on aihetta opiskellessaan käytössä luentokalvot sekä video, jonka katsomalla hän saa saman tiedon kuin luennolla.

Hankkeessa tuotettiin videoita tietokoneavusteisen suunnittelun ja valmistuksen tarpeisiin. Aihealue soveltuu hyvin videoiden tekemiseen, sillä varsin yksinkertaisilla ja helppokäyttöisillä ohjelmilla voi tehdä laadukkaita videoita. Videoiden tekeminen perustui näyttöruudulla tapahtuvan esimerkkitehtävien tekemisen tallentamiseen. Näyttöruudulla tapahtuvan esimerkkitehtävän tekemisen lisäksi videoille saatiin helposti myös aiheeseen liittyvä teoriamateriaali ja opettajan selittävä puhe.

Hankkeen alussa arvioitiin, että videoiden kesto kannattaa pitää mahdollisimman lyhyenä. Tausta-ajatuksena oli pelko

opiskelijoiden mielenkiinnon lopahtamisesta, jos videot olisivat kestoltaan liian pitkiä. Hankkeen edetessä todettiin kuitenkin, että videoiden keston ei voi juurikaan vaikuttaa. Tärkein keston vaikuttava tekijä on tehtävän tekemiseen kuluva aika. Opetusmateriaalina käytettävissä videoissa on erityisen tärkeää, että kaikki vaiheet tulevat esille videolla. Samoin opettajan selittäessä teoriaa kiirehtiminen ei ole vaihtoehto ilman, että laatu ja videoiden käytettävyys kärsii.

Tehtävät

Hankkeen aikana tuotetut tehtävät luokiteltiin erilaisiin tehtävätyyppeihin: tavallisiin tehtäviin, tarkastettaviin tehtäviin ja tenttiaktiviteetteihin. Luokitteluperusteena käytettiin tehtävien sisältöä ja teknistä toteutusta.

Tavallinen tehtävä on tässä kontekstissa tehtävä, joka sisältää tehtävänannon, teknisen piirustuksen, ohjevideon ja tehtävän palautuskansion.

Tehtävänannossa kuvataan muutamalla sanalla, mitä opiskelijan odotetaan tekevän.

|| TÄRKEIN KESTOON VAIKUTTAVA TEKIJÄ ON TEHTÄVÄN TEKEMISEEN KULUVA AIKA.

Tarkka ohjeistus tehtävän tekemiseen on kerrottu tehtävään liittyvällä videolla.

Ohjevideo on tehtävän tärkein tietolähde. Ohjevideon tarkoitus on opettaa opiskelijaa juuri oikeaan aikaan. Tehtävää tehdessä opiskelijan eteen tulee erilaisia haasteita, ja hänen ratkoessaan ohjevideon avulla näitä haasteita opiskelijalle voidaan tuoda esille aiheen taustat ja auttaa opiskelijaa ymmärtämään syvällisemmin opittava aihe.

Tietokoneavusteisen suunnittelun ja valmistuksen tehtävissä opetusmateriaalina käytettiin tyypillisesti teknistä piirustusta. Tekninen piirustus on 3D-mallintamisen opettelussa monesti hyödyllinen, koska sen informaationsisältö on tyypillisesti sama kuin halutussa 3D-mallissa. Tehtävien sisältämät tekniset piirustukset on tehty soveltaen ISO 128 standardeja (SFS-EN ISO 128-1:2020 Tekninen tuotedokumentointi).

Tavallisen tehtävän palautus tapahtuu, kun opiskelija tallentaa tekemänsä tehtävän järjestelmään. Järjestelmä rekisteröi palautuksen, ja opettaja voi seurata opiskelijan edistymistä tallennusten perusteella. Opiskelija

ei saa palautetta siitä, oliko tehtävä oikein tai väärin.

Pilottitoteutusten yhteydessä saatiin kehitysehdotus tehtävän palautuksen palautteen antamisesta. Palautuksen yhteyteen voi tehdä monivalintakysymyksen, jonka avulla opiskelija voi itse selvittää, oliko oma vastaus oikein tai väärin. Tämä ehdotus kannattaa ehdottomasti toteuttaa.

Tarkastettava tehtävä on pääpiirteiltään samanlainen kuin tavallinen tehtävä, mutta sen tarkastaminen on opettajan vastuulla. Tehtävän palautusprosessissa opiskelija tallentaa järjestelmään tekemänsä tehtävän ja opettaja tarkastaa manuaalisesti tehtävän. Tämä tehtävätyyppi aiheuttaa opettajalle suuren työkuorman, mikäli opiskelijoi- ta tai tämän tyyppisiä tehtäviä on paljon.

Hanketta toteutettaessa havaittiin, että tietokoneavusteisen suunnittelun tarpeisiin tarvitaan tehtäviä, jotka ovat tarkastettavissa automaattisesti. Hankkeen aikana kehitettiinkin prosesseja tehtävien automaattitarkastusta varten.

Tenttiaktiviteetti on keino teknisesti toteuttaa automaattisesti tarkastettavia tehtäviä Moodle-oppimisympäristössä. Tähän tehtävätyyppiin on mahdollista sisällyttää kaikki edellä mainitut opiskelumateriaalit. Ero tavalliseen tehtävään on tehtävän palautuksessa: tenttiaktiviteetti-tehtävän palautuksen yhteydessä opiskelija saa tekemästään tehtävästä palautteen, joka kertoo, oliko vastaus oikein vai väärin.

Lisäksi Tenttiaktiviteettia voidaan käyttää siihen, mihin se on alun perin tarkoitettu, eli sen avulla voidaan mitata oppimistuloksia.

Tehtävien automaattinen tarkastaminen

Hankkeen aikana huomattiin, että opettajan työkuormaa on mahdollista keventää digitaalisen materiaalin avulla. Tietokoneavusteisen suunnittelun harjoitteluun tarkoitettujen tehtävien automaattinen tarkastaminen oli sellainen kohde, jossa havaittiin suuri kehittämispotentiaali.

Moodle-oppimisympäristö tarjoaa laajan

valikoiman erilaisia tehtävätyyppejä, jotka tukevat automaattista tarkastamista. Kuitenkin tietokoneavusteisen suunnittelun erityispiirteistä johtuen niiden soveltaminen koettiin hankalaksi ja huonosti sopivaksi.

Haasteet automaattitarkastuksessa

Tietokoneavusteisessa suunnittelussa tehtävien tekeminen perustuu siihen, että opiskelija tekee CAD-ohjelmalla kappaleesta tai kokoonpanosta tilavuusmallin. Tehtävien tarkastaminen Moodle-oppimisympäristössä vaatii jonkin mitattavan suureen käyttämistä tehtävän vastauksena.

Opiskelijan tekemän mallin tilavuus on sellaisenaan mitattavissa oleva suure, mutta sen arveltiin olevan opiskelijoille liian abstrakti, jotta se voisi sopia vastaukseksi. Kun tilavuusmalliin lisätään materiaali, jolla on tiheys, saadaan selville mallinnetun kappaleen massa. Massan arveltiin olevan kohtuullisen konkreettinen suure, jonka opintojen alkuvaiheessakin olevat opiskelijat ymmärtävät. Lisäksi massan selvittäminen

tilavuusmallista onnistuu kohtuullisen helposti kaikilla CAD-ohjelmilla.

Tietokoneavusteisessa suunnittelussa massan selvittämiseen perustuvat ratkaisut eivät kuitenkaan soveltuneet kaikkiin tehtäviin. Esimerkiksi kokoonpanotehtävissä tehtävien tarkoitus on opettaa opiskelijoille kokoonpanon tekemistä tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmilla.

Kokoonpanoa tehdessä ei ole tarkoituksenmukaista pyytää vastaukseksi massaa, koska se ei kerro tarkastajalle, onko tehtävä oikein vai väärin. Massan sijaan kokoonpanotehtävissä päätettiin kysyä kokoonpanon massakeskipisteen sijaintia suhteessa kokoonpanon origoon.

Näiden lisäksi tehtävistä haluttiin tehdä muuttuvia siten, että jokaiselle opiskelijalle tulisi tehtävään yksilölliset lähtöarvot ja vastaukset. Jotta tähän tavoitteeseen päättiin, tehtiin tehtävien perustana olevista 3D-malleista parametrisesti muuttuvia. Tällä keinolla haluttiin estää vilppi tehtävien palautuksissa.

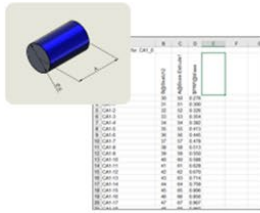
Automaattitarkastuksen tekninen toteutus

Tehtävien luomisprosessi pyrittiin vakioimaan teknisestä näkökulmasta, jotta uusien tehtävien tekeminen olisi mahdollisimman vaivatonta. Hankkeen aikana luotiin kaksi erilaista tehtävätyyppiä. Ensimmäisessä tehtävätyypissä opiskelijan tulee mallintaa tilavuusmalli jollain CAD-ohjelmalla. Apuna hänellä on tekninen piirustus ja mahdollisesti ohjevideo.

Tehtävätyypistä riippuen opiskelijan on selvitettävä, mikä on kyseisen tehtävän tilavuusmallin massa tai missä tehtävän aiheena olevan kokoonpanon massakeskipiste sijaitsee suhteessa kokoonpanon origoon.

Molempien tehtävätyyppien luominen perustuu tilavuusmalliin, josta valitaan yksi tai useampi muuttuva mitta. Näistä koetaan taulukko Microsoft Excel -ohjelmalla, jossa mittojen monistaminen tapahtuu. Samaan taulukkoon saadaan myös kappaleen massa ja massakeskipisteen sijainti. Lisäksi tilavuusmallin avulla saadaan tehtyä tekninen piirustus.

CAD-malli ja Excel-taulukko



Moodle-esitehtävä

Tee alla olevan kysymyksen 3D-malli.
Käytä seuraavia mittoja:
Mitä $k = 200$
Mitä $k = 20$
Luo 3D-mallin materiaalista Tetra (mg: Steel)

Valitse vastauksesi:

- 1. Käytä seuraavaa mallia:
- Mikä on kysymyksen mallin massa?
- Mikä on kysymyksen mallin massa?
- Mikä on kysymyksen mallin massa?

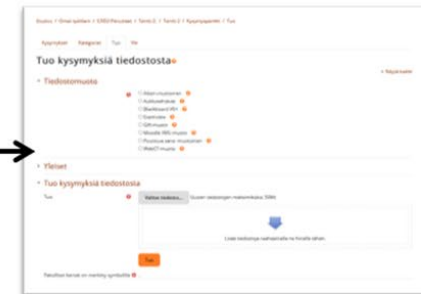
Käytetään mallia on: kg

Muunnostaulukko

Moodle XML-tiedosto



Moodle-kysymysten tuonti



Kuva 3. Automaattisesti tarkastettavien Cad-tehtävien tekoprosessi.

Taulukon perusteella tehdään Moodle-oppimisympäristön kysymyspankkiin kysymyksiä. Kysymysten määrällä ei periaatteessa ole rajaa, mutta pilottitoteutuksissa havaittiin, että noin sata eri variaatioita on sopiva määrä. Tällä määrällä vaihtelua kysymyksissä on riittävästi, jotta yhdelle opiskelijalle ei tule uusintayrityksen yhteydessä samaa kysymystä.

Automaattitarkastettavien tehtävien tuottaminen

Tehtäväntekoprosessi alkaa tilavuusmallin tekemisellä. Tilavuusmalli sisältää tiedon siitä, mitkä ovat kappaleen dimensiot, mikä on sen massa ja missä kappaleen tai kokoonpanon massakeskipiste sijaitsee.

Tilavuusmallin yhteyteen liitetään taulukko, jonka avulla valituista mitoista tehdään haluttu määrä variaatioita. Kun taulukossa on haluttu määrä variaatioita, tuodaan kyseisen variaation massa taulukkoon CAD-ohjelmasta. Tässä vaiheessa voidaan tehdä myös tekninen piirustus.

Taulukon avulla luodun tiedon perusteella tehdään kysymyksiä

Moodle-oppimisympäristöön. Tätä varten hankkeen edetessä tehtiin erillinen Excel-tilukko, jonka avulla voi muuntaa 3D-mallinnusohjelmasta saadun tiedon sellaiseen muotoon, jossa se voidaan viedä Moodle-oppimisympäristöön.

Kysymysten vientiin Moodle-oppimisympäristöön on useampi eri vaihtoehto. Hankkeen aikana päädyttiin käyttämään kahta eri menetelmää. Kysymykset vietiin aluksi Moodleen Gift-muodossa, mutta tässä muodossa huomattiin rajoitteita, jotka aiheuttivat haasteita. Kysymysten tuontiprosessi ei esimerkiksi hyväksy erikoismerkkejä, kuten skandinaaviset merkit, mikä aiheutti koomisia tilanteita kysymysten asettelussa ja niiden tulkitsemisessa. Lopulta päädyttiin käyttämään Moodlen XML-muotoa, joka sallii tehtävien tuomisen huomattavasti joustavammin.

Kuten aiemmin mainittiin, tilavuusmallista saadun taulukon tietojen ja Moodle-tehtävän kysymystenasettelun yhdistämistä varten luotiin erillinen Excel-tilukko. Excel-tilukkoon tuodaan tilavuusmallin avulla luodusta taulukosta tiedot eri variaatioiden muuttuvista mitoista, massasta ja

kokoonpanotehtävien yhteydessä massakeskipisteen sijainnista.

Kysymyksenasettelua ja muotoilua varten tehdään esikysymys Moodle-oppimisympäristöön. Esikysymys viedään Moodle XML-tiedostona muunnostaulukoon, jossa se muokataan sopimaan monistettavaksi. Samalla siihen saadaan yhdistettyä tilavuusmallista saadut tiedot.

Erillisestä muunnostaulukosta saadaan lopputuloksena Moodle XML-tiedosto, jonka voi viedä Moodle-oppimisympäristön kysymyspankkiin. Kysymyspankin avulla opettaja voi tehdä tenttitehtäviä, joissa järjestelmä arpoo jokaiselle opiskelijalle kysymyspankista kysymyksen vastauksineen.

Automaattitarkastettavan tehtävän rakenne

Automaattisesti tarkastettavat tehtävät päätettiin tehdä Moodlen tenttiaktiviteetin avulla. Jokainen tehtävä koostuu vähintään kolmesta osasta: informaatio-osasta, jossa on tehtävänanto ja mahdollisesti muu tehtävään liittyvä tieto; kysymysoasasta, jossa on tehtävään liittyvät alkuarvot ja tehtävän

KYSYMYSSOSA ON TOTEUTETTU SITEN, ETTÄ JOKAISELLA OPISKELIJALLA ON ERI LÄHTÖARVOT JA ERI VASTAUS.

vastauskenttä; ja palautuskansiosta, johon opiskelijaa pyydetään palauttamaan tekemänsä 3D-malli.

Informaatio-osa on kaikille opiskelijoille sama. Osan tarkoitus on antaa tehtävänanto ja mahdollisesti muu tehtävään liittyvä informaatio.

Kysymyssosa on toteutettu siten, että jokaisella opiskelijalla on eri lähtöarvot ja eri vastaus. Kysymyssosa toimii niin, että Moodle arpoo kysymyspankista jokaiselle opiskelijalle oman tehtävän. Tehtävässä on alkuarvona jokin informaatio-osassa olevassa piirustuksessa näkyvä mitta. Esimerkiksi Kuvassa 4 näkyvässä piirustuksessa on kappaleen kokonaispituutta kuvaava mitta A. Mitta A:ta vastaa kysymyssosassa lukuarvo 120 mm. Tämä mitta siis muuttuu sen mukaan, minkä version Moodle arpoo kullekin opiskelijalle. Samalla myös tehtävän vastaus muuttuu niin, että kappaleen massa vastaa tilavuusmallin mittoja.

Kysymyssosaan vastaamisen lisäksi opiskelijoita pyydetään palauttamaan tehtävässä tekemänsä tilavuusmalli. Tällä

varmistetaan, että opiskelija tekee tehtävän tarkoitettulla tavalla. Tietyin reunaehdoin myös plagiointi on mahdollista jäljittää tarkastelemalla opiskelijan palauttamaa tilavuusmallia. Lisäksi epäselvissä tapauksissa tilavuusmallia analysoimalla voidaan todentaa, onko opiskelija tehnyt tehtävän oikein.

Pilottitoteutusten yhteydessä tuli useamman kerran vastaan tilanne, jossa opiskelija oli varma, että oli tehnyt tilavuusmallin oikein. Palautettuaan vastauksen Moodleen vastaus oli kuitenkin väärä. Näissä tilanteissa opettaja pystyi tilavuusmallin avulla kohdentamaan virheen ja antamaan opiskelijalle täsmällisen palautteen.

Informaatio
Tähtien
kysymykset

Tee oheisen piirustuksen mukaiset mallit.

Tehtävä on kaksiosainen

Tehtävä a)

- Tee piirustuksen mukainen malli, poislukien oikeassa päädyssä olevat urat.
- Vastaa kysymyksiintään, mikä on kappaleen massa tässä vaiheessa.

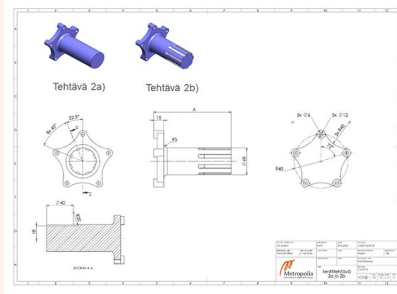
Tehtävä b)

- Lisää ai-kohdan malliin urat, jotka ovat kappaleen päädyssä.
- Vastaa kysymyksiintään mikä on kappaleen lopullinen massa.

Lisäohjeet

Saat kappaleen massan oikein kun käytät kappaleen materiaalina terästä, jonka tiheys on 7800 kg/m³.

Löydät materiaalin Solidworksin kirjastosta tunnuksella 1.0553 (S355J0).



Tästä saat piirustuksen PDF-tiedostona

Kysymys 1
Käsitte
Käsitte
18.00
Tähtien
kysymykset

Mikä on kappaleen massa,
kun mita A = 125 mm

Tehtävän a) vastaus:

Kappaleen massa on Kg

Tehtävän b) vastaus:

Kappaleen massa on Kg

Huomi!

Käytä desimaalierottimena pilkkua

Anna vastaus kolmen desimaalin tarkkuudella

Lukitsen vastaukseni

Kysymys 2
Ei vielä vastattu
Ei arvointia
Tähtien
kysymykset

Tallenna tänne tekemäsi CAD-malli.

Sallitut tiedostomuodot ovat:

- .SLDPRT
- .STP tai .STEP (tallenna tässä muodossa, jos teet tentin jollain muulla ohjelmalla kuin Solidworksilla)

Tiedostojen kokoraja: 1Gt ja tiedostojen maksimimäärä: 1

Tiedostot

Lisää tiedostoja raahaamalla ne hiirellä tähän.

◀ Tehtävien palautus CAS-C-6

Siirry...

Tenttikysymykseen liittyvä piirustus ▶

Lopeta vastaaminen

Kuva 4. Automaattitarkastettava tehtävä.

Opit ja kehitysehdotukset

Hankeessa toteutetun oppimisympäristön kehitystyön sekä pilottiopintojaksojen aikana kohdattiin haasteita. Niihin jäsenyi hankkeen aikana ratkaisuja ja kehitysideoita.

Oppimisympäristö

Oppimisympäristöstä luotiin modulaarinen, jotta opettaja voi koostaa sopivia oppimiskokonaisuuksia. Opiskelijoille modulaarinen järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden henkilökohtaisiin oppimispolkuihin. Lisäksi havaittiin tarve luokitella moduulit ja työtilat haastavuuden mukaan.

Modulaarisen järjestelmän etuna on joustavuus. Opettaja voi koostaa eri moduuleista kokonaisuuksia tarpeen mukaan. Kokonaisuuksien koostamisessa huomattiin hankkeen aikana haasteita.

Pilottitoteutuksissa kokeiltiin päätyötiloja yhdistämään eri moduuleja. Tämä tapa osoittautui kuitenkin haasteelliseksi. Opiskelijoiden oli haastavaa hahmottaa työtilan rakennetta, koska työtilojen

yhdistäminen oli hankalaa teknisestä toteutuksesta johtuen. Toinen käytettävyyttä heikentävä tekninen yksityiskohta oli puute työtilojen tietojen siirrossa. Esimerkiksi edistymisen seuranta ei voinut käytössä olevalla oppimisympäristöllä toteuttaa siten, että se olisi näkynyt kootusti päätyötilassa.

Teknisestä toteutuksesta johtuen eri työtilojen yhdistäminen saumattomasti on siis Moodle-oppimisympäristössä hankalaa. Kokonaisuuksien koostamisen prosessi ja tekninen toteutus ovat sellaisia kohteita, joiden kehittämistä kannattaa tutkia.

Materiaali: videot ja automaattitarkastus

Hankkeen aikana tuotetun oppimateriaalin ajatuksena on ollut, että oppiminen perustuu tehtävien tekemiseen. Tehtävistä on tehty kokonaisuuksia, joissa yhdistyy tehtävän tekeminen, ohjevideo ja automaattinen tarkastaminen. Etenemisnopeuteen liittyvän haasteen ratkaisuna ohjevideoiden tuottaminen havaittiin oivalliseksi.

Hankkeessa luodut videot sisältävät ohjeen tehtävän tekemiseen sekä teorian ja

taustan aiheeseen liittyen. Tehtävän ja opetusvideon yhdistämisellä on pyritty siihen, että vastataan niihin autenttisiin kysymyksiin, joita opiskelijalle tulee eteen tehtävää tehdessä (Leppisaari, Ihanainen, Nevgi, Taskila, Tuominen & Saari, 2008). Samalla kun opiskelija huomaa jonkin autenttisen kysymyksen, videolla on selitetty asiale tausta ja mahdolliset ohjeet tehtävän ratkaisemiseksi.

Opiskelijoiden tehdessä harjoitustehtäviä ohje- tai opetusvideoiden avulla heillä on mahdollisuus pysäyttää video, kelata takaisinpäin tai katsoa video nopeutettuna. Jokainen opiskelija voi siis päättää itse oman etenemisnopeutensa.

Pilottitoteutuksien yhteydessä huomattiin, että videoiden pitää olla erityisen yksityiskohtaisia. Tehtävää tehdessä mitään välivaihetta ei saa jättää pois. Myös liiallisen kiirehtimisen koettiin huonontavan videoiden käytettävyyttä. Alkuperäinen huoli videoiden kestosta osoittautui osittain turhaksi, sillä jos opiskelija koki videon liian hitaaksi, hänellä on mahdollisuus katsoa video nopeutettuna. Videot osoittautuivat pilottitoteutuksissa saatujen havaintojen

perusteella sellaiseksi tiedonvälitysmuodoksi, jota kannattaa jatkossa suosia ja kehittää.

Opettajan mekaanista työkuormaa vähentämään hankkeen aikana kehitettiin prosesseja tehtävien automaattiseen tarkastamiseen. Erityisesti tietokoneavusteisen suunnittelun opetuksessa käytettävien tehtävien automaattiseen tarkastamiseen saatiin kehitettyä toimivat prosessit.

Opettajan näkökulmasta automaattitarkastus mahdollistaa suuremman tehtävämäärän teettämisen ja vapauttaa resursseja muuhun työhön. Automaattinen tarkastus vaatii ylläpitotyötä, mutta tämä työmäärä on huomattavasti pienempi kuin tehtävien tarkastamiseen kuluva aika.

Opiskelijalle automaattisesti tarkastettavat tehtävät luovat mahdollisuuden saada palaute tehtävästä, heti kun opiskelija palauttaa tehtävän.

Digitaalisen oppimisalustan avulla tehtävistä voi tehdä myös parametrien pohjalta automaattisesti muuntuvia, eli yhdestä tehtävästä voi tehdä lukuisia variaatioita, joissa

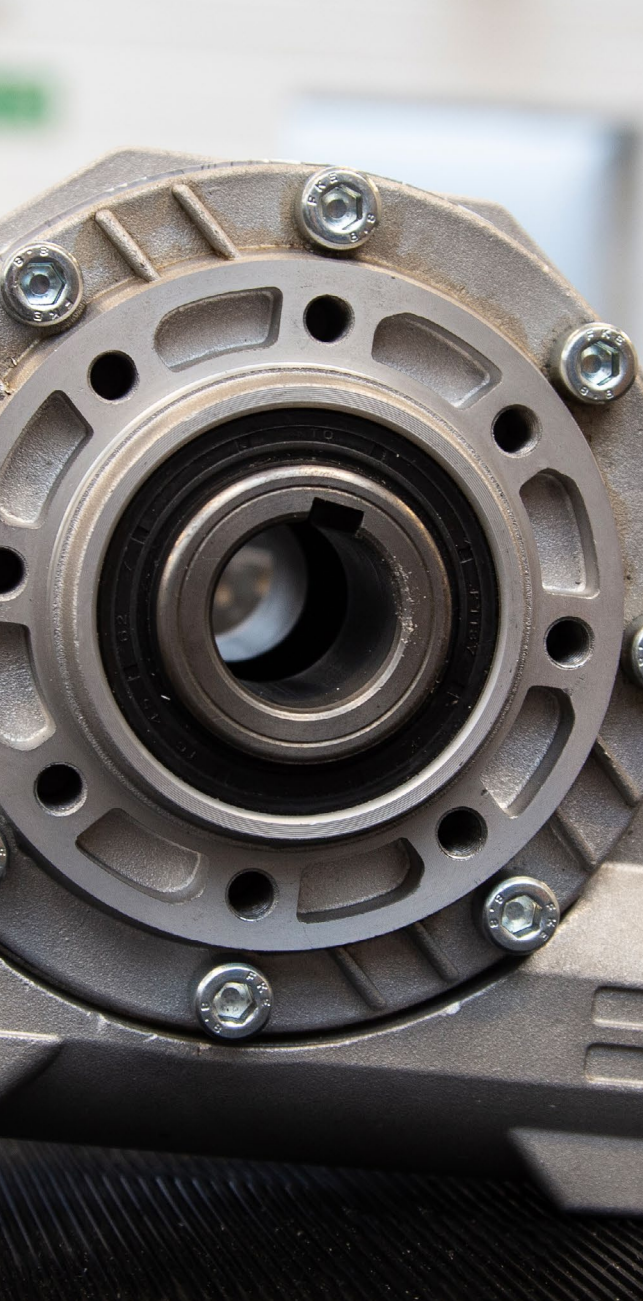
jokin parametri muuttuu ja sitä kautta myös oikea vastaus. Tehtäviä voidaan soveltaa esimerkiksi siten, että jokaisella opiskelijalla on tentissä sama tehtävä mutta eri lähtöarvot. Tällöin myös vastaus kysymykseen on eri.

Pilottitoteutusten yhteydessä kokeiltiin tehtävätyyppejä, jossa opiskelijan on tehtävään vastatessa kirjoitettava vastauskenttään vastaus kolmen desimaalin tarkkuudella. Teknisestä toteutuksesta johtuen vastauksessa desimaalierottimenä pystyi käyttämään ainoastaan pilkkua. Nämä kaksi vaatimusta aiheuttivat jonkin verran hämmennystä opiskelijoissa. Vastauksen saaminen hieman joustavammin, esimerkiksi pisteen hyväksyminen desimaalierottimeksi pilkun lisäksi, helpottaisi vastausten hyväksymistä. Tällainen muutos teknisessä toteutuksessa Moodle-oppimisympäristössä voisi olla hyödyllinen lisä materiaalin käytettävyyden kannalta. Myös muut vaihtoehdot saattavat olla toteuttamiskelpoisia. Esimerkiksi vastauksen antamisesta voi tehdä monivalintakysymyksen, jolloin näpäilyvirheen mahdollisuus pienenee opiskelijan vastatessa tehtävään.

Lähteet

Leppisaari, I., Ihanainen, P., Nevgi, A., Taskila, V.-M., Tuominen, T. & Saari, S. 2008. Hyvässä kasvussa –Yhdessä kehittäen kohti ammattikorkeakoulujen laadukasta verkko-opetusta. Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisuja 4: 2008. Helsinki: Korkeakoulujen arviointineuvosto.

SFS-EN ISO 128-1:2020 Tekninen tuotedokumentointi. Yleiset esittämisperiaatteet. Osa 1: Johdanto ja perusvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.



Pekka Juutilainen

Festo LX pneumatiikan oppimisessa

Lähi- ja etäoppimisen yhdistämisessä Espoon seudun koulutuskuntayhtymä Omnian tavoite oli muun muassa kehittää pneumatiikan oppimista. Alun perin tarkoitus oli tehdä oma digitaalinen simulaatio. Kun hankkeen alussa ensin benchmarkattiin muita toisen asteen oppilaitoksia, syntyi näkemys, että olisi parempi pilotoida jo olemassa olevaa Omnian automaattiosalin pneumatiikka-alueen laitetoimittajan digitaalista Festo LX -oppimisympäristöä.

Festo LX on laaja kokonaisuus, joka ei ole sellaisenaan valmis oppimateriaalikokonaisuus esimerkiksi Omnian kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon tarpeisiin. Festo LX :ssä on noin 300 erityyppistä tehtävää, joiden kesto on 1–40 h.

DigiTally-hanke tarjosi asiantuntijaopettajalle resurssit tutustua aineistoon ja suunnitella siihen perustuvaa pilotointia lukuvuodelle 2022–2023.

Kevään 2023 tilanne oli, että Festo LX:stä oli poimittu noin 20 verkkokurssia, jotka opiskelija teki osittain itsenäisesti vaikkapa etäopiskeluna esimerkiksi mobiililaitteella. Osa taas tehtiin koulussa automaatio-lähiopetuksessa. Aihealueita olivat robotiikka, pneumatiikka ja erilaiset anturitekniikat.

Kuvassa 1 on esimerkki Festo LX ”Pneumatiikan perusteet” -kurssin yhdestä tehtävästä. Siinä kerrotaan lähtötilanne, pyydetään suunnittelemaan piirikaavio, ja lopuksi rakennetaan ohjausjärjestelmä koulussa fyysisessä ympäristössä.

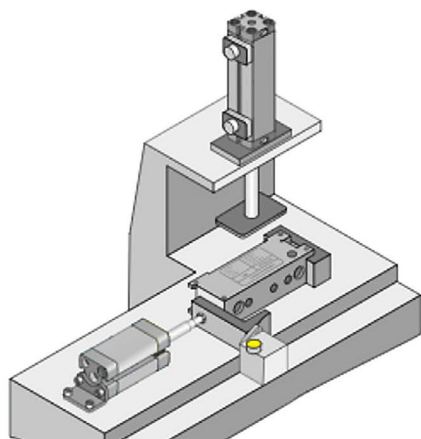
Arvokilpien painaminen paikoilleen

Tilaus 2: Piirikaavion laatiminen



Tilaus

Piirä paineliitosjärjestelmän pneumaattinen kytkentäkaavio.



Puristusovitusjärjestelmä arvokilpeille

Hyödyllistä tietoa

- Pneumaattisten piirikaavioiden rakenne
- Viitemerkinnät pneumaattisissa piirikaavioissa
- Pneumaattisten piirikaavioiden viitemerkinnät standardin EN 81346-2 mukaisesti
- Pneumaattisten piirikaavioiden viitemerkinnät ISO 1219-2:n mukaisesti
- Viitemerkinnät standardin EN 81346-2 mukaisesti

Piirä paineliitosjärjestelmän pneumaattinen kytkentäkaavio. Voit simuloida piirisuunnittelusi toimintaa FluidSIM[®] P:llä ja tarkistaa, toimiiko se.

Lopuksi dokumentoi käyttämäsi ohjausjärjestelmän komponentit laiteluetteloon.

Kuva 1. Kuvakaappaus pneumatiikan digitaalisesta oppimisympäristöstä.

Aarne Klemetti

Opetusmateriaaleja tekoälystä, esineiden internetistä ja robotiikasta Garage-ympäristöön

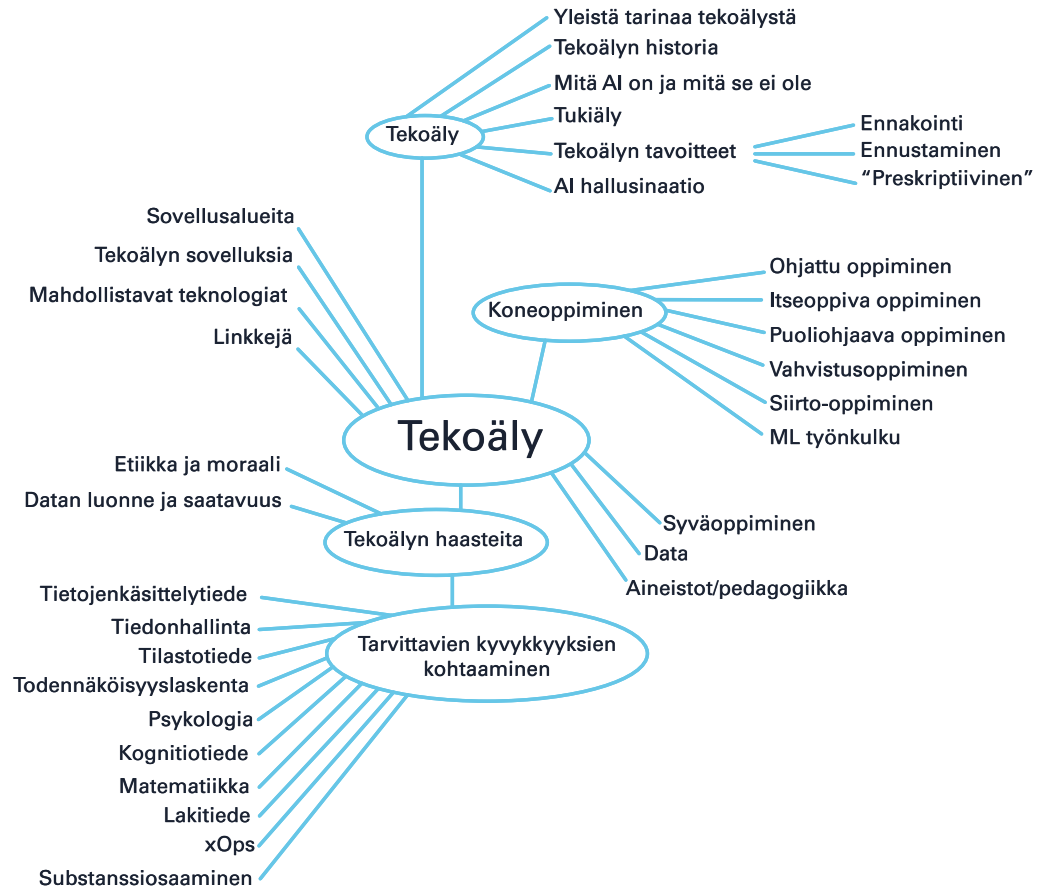
Tähän artikkeliin on koottu kuvaukset opetusmateriaalin kokoamisesta ja soveltamisperiaatteista liittyen tekoälyyn, esineiden internetiin ja robotiikkaan. Aineisto on toimitettu aiheisiin liittyneiden asiakaskoulutusten ja Metropoliasissa pidettyjen kurssien pohjalta. Materiaalia on täydennetty soveltaen asiantuntija-artikkeleita ja -julkaisuja painopisteinä käytännön sovellukset.

Opetusmateriaali tekoälystä

Tekoälyä käsittelevän teoria- ja luentomateriaalin tavoitteena oli tuottaa helposti lähestyttävä johdanto aiheeseen. Osio muodostui laajaksi, koska alan paradigma on monitieteellinen.

Tekoälyteknologioiden luomiseen ja hyödyntämiseen liittyy monenlaista asiantuntemusta, joka käsittää eri aloja ja ammattajeja. Tämän artikkelin ensimmäinen jakso käsittelee olennaisia taitoja, jotka ovat merkittäviä tekoälyn kehittämisessä työn eri osa-alueilla. Keskeistä on se, että tässä kehitystyössä asiantuntijoiden rooli on merkittävämpi verrattuna perinteiseen ohjelmistokehitykseen, jossa tietojärjestelmän teknisestä kehityksestä vastaavat toimijat ovat keskiössä.

Tekoälyn kehittäminen ja käyttöönotto edellyttää näin ollen kyvykkyyksiä eri osaamisalueilta. Nämä osaamisalueet ja niiltä löytyvät tekoälyn kannalta oleelliset kyvykkyydet on koottu [taulukkoon 1](#).



Kuva 1. Tekoälyyn liittyviä asioita kuvaava miellekartta.

Taulukko 1. Tekoälyn kehittämisessä tarvittavia kyvykkyyskäsitteitä perusteluineen.

Tilastotiede	Tilastotieteen ja todennäköisyyslaskennan tuntemus on keskeinen osa tekoälyn ymmärtämistä ja kehittämistä. Tilastotieteilijät kykenevät esimerkiksi analysoimaan ja tulkitsemaan suuria datamassoja.
Koneoppiminen	Koneoppiminen on tekoälyn alalaji, jossa algoritmit ja ohjelmistot oppivat ja kehittyvät kokemusten myötä. Koneoppimisen insinöörit ja tutkijat ovat keskeisiä asiantuntijoita tässä työssä. Tämän otsikon alle kuuluu myös datainsinööriosaaminen.
Luonnollisen kielen käsittely	Luonnollisen kielen käsittely (engl. Natural Language Processing = NLP) on merkittävä tekoälyn osa-alue, joka liittyy ihmisen kielen tulkintaan ja tuottamiseen tietokoneavusteisesti. NLP-asiantuntijat ovat tärkeitä työntekijöitä, jotka osaavat suunnitella ja toteuttaa NLP-järjestelmiä.
Kognitiotiede	Kognitiotiede tutkii ihmisen ajattelun toimintaa, mikä on keskeistä tekoälyn kehittämisessä. Kognitiotieteilijät ovat ammattilaisia, jotka voivat auttaa tekoälyjärjestelmiä toimimaan ihmismielen kanssa yhteensopivalla tavalla.
Psykologia	Jotta voisimme ymmärtää, miten tekoäly voi parhaiten toimia yhteistyössä ihmisten kanssa tai jäljitellä ihmisen toimintaa, on psykologian osaaminen avainasemassa. Psykologit voivat auttaa suunnittelemaan tekoälyjärjestelmiä, jotka ovat intuitiivisia ja ihmiskeskeisiä, sekä tutkia tekoälyn vaikutuksia ihmisen käyttäytymiseen ja hyvinvointiin.
Sosiaalitieteet	Tekoälyn käyttöönotto voi vaikuttaa yhteiskuntaan monin tavoin, mukaan lukien työllisyyteen, sosiaalisiin suhteisiin ja tietosuojaan. Sosiaalitieteilijät voivat auttaa arvioimaan ja ymmärtämään näitä vaikutuksia sekä olla mukana edistämässä sellaisen tekoälyn kehitystä, joka ottaa huomioon sosiaaliset näkökohdat ja yhteiskunnalliset arvot.
Tietoturva	Tekoälyn luomisessa on otettava huomioon tietoturvakysymykset ja mahdolliset tietoturvariskit. Tietoturva-asiantuntijat ovat avainhenkilöitä, jotka voivat opastaa tekoälyn kehitystyössä.
Tietokannat ja big data	Tekoälyn kehittäminen vaatii suurien datamäärien käsittelyä, joten tietokantajärjestelmien ja big datan tuntemus on olennaisen tärkeää. Tietokanta-asiantuntijat ja big data -analyttikot ovat keskeisiä toimijoita tässä yhteydessä.
Ohjelmistotuotanto	Tekoälyn luominen edellyttää monimutkaisten ohjelmistojen suunnittelua, kehittämistä ja testausta. Ohjelmistotuotannon ammattilaiset ovat tärkeitä osajia tekoälyn kehittämisessä ja ylläpidossa.

Taulukko 1. Tekoälyn kehittämisessä tarvittavia kyvykkyyksiä perusteluineen.

Robottiikka	Tekoälyä voidaan soveltaa myös robotiikan alueella, joten robotiikan asiantuntemus on tärkeää. Robotiikka-asiantuntijat ovat avainroolissa luotaessa järjestelmiä, jotka yhdistävät robotiikan ja tekoälyn.
Visualisointi ja käyttöliittymäsuunnittelu	Tekoälysovellusten luominen edellyttää niihin liittyvien käyttöliittymien ja visualisointien suunnittelua ja toteutusta. Käyttöliittymäsuunnittelijat ja graafiset suunnittelijat ovat tämän osaamisalueen ammattilaisia.
Eettiset kysymykset	Tekoälyn kehittämisessä on otettava huomioon myös eettiset seikat ja yhteiskunnalliset vaikutukset. Etiikan asiantuntijat ja yhteiskuntatieteilijät ovat tärkeitä toimijoita, jotka voivat auttaa kehittämään vastuullisia ja eettisiä tekoälyratkaisuja.
Lainopillinen asiantuntemus	Tekoälyyn liittyy useita lainsäädännöllisiä kysymyksiä, kuten tietosuoja, tekijänoikeudet ja vastuukysymykset. Lainopilliset asiantuntijat, kuten teknologiajuristit, ovat tärkeitä ammattilaisia, jotka voivat auttaa navigoimaan näissä monimutkaisissa kysymyksissä ja varmistaa, että tekoälyn käyttö on lainmukaista ja eettistä.
Talousosaaminen	Tekoälyprojektit vaativat merkittäviä investointeja, ja niiden vaikutukset yrityksen tai organisaation talouteen voivat olla merkittäviä. Talousosaajat, kuten talousanalyttikot ja talousjohtajat, ovat tärkeitä ammattilaisia, jotka voivat arvioida tekoälyn taloudellisia vaikutuksia, auttaa rahoituksen suunnittelussa ja varmistaa, että projektit ovat taloudellisesti kannattavia.

Teoriaosuuden lisäksi opetusmateriaaliin koottiin ohjeita ja materiaalia jatko-opintoja varten. Koko aineisto toteutettiin Moodle-alustalle sopivana, helposti muokattavana kokonaisuutena.

Tekoälyopetusmateriaalissa käytettävät ohjelmistot ja menetelmät

Ohjelmointikieleksi tähän materiaaliin valittiin Python moduuleineen, koska se on toistaiseksi eniten käytetty ympäristö tekoälyaiheisten sovellusten opiskelussa, tutkimuksessa ja kehittämisessä. Sovelluskehitystä varten alustaksi valittiin Googlen Colaboratory sen helpon käytön ja maksuttomuuden takia.

Oppimisympäristön käyttöönotto tekoälyn opiskelussa

Seuraavaksi käsitellään aiheeseen liittyvän oppimisympäristön käyttöönottoa. Kuvaus keskittyy ohjelmistonäkökulmaan, erityisesti siihen, miten ympäristössä on sovellettu Python-ohjelmointikieltä ja Googlen Colaboratory-verkkoalustaa.

Google Colaboratory, lyhennettynä ”Colab”, on Googlen tarjoama pilvipohjainen Jupyter-muistikirja (engl. notebook) -ympäristö, jota voidaan käyttää tekoälyn, koneoppimisen, tietojenkäsittelyn, tietojen analysoinnin ja muiden laskennallisten tehtävien suorittamiseen. Colab on suosittu kehitysalusta tekoälyn ja data-analyysin parissa työskentelevien keskuudessa.

Colabin keskeisiä piirteitä ovat:

1. **Pilvipohjaisuus:** Colabia voi käyttää verkkoselaimen kautta, joten käyttäjän ei tarvitse asentaa mitään ohjelmia omalle tietokoneelleen. Tämä tekee siitä helposti saavutettavan eri laitteille ja käyttöjärjestelmille.
2. **Ilmainen laskentateho:** Colab tarjoaa ilmaiseksi rajoitetun määrän laskentatehoa, mukaan lukien GPU (Graphics Processing Unit) ja TPU (Tensor Processing Unit) -resursseja. Niiden avulla voidaan nopeuttaa monia tekoälyn ja koneoppimisen laskutoimituksia.
3. **Jupyter-muistikirjat:** Colab käyttää Jupyter-muistikirjoja, jotka ovat interaktiivisia dokumentteja, joissa voi suorittaa koodia, kirjoittaa tekstiä, li-

sätä kaavoja ja visualisointeja. Tämä tekee niistä erittäin hyödyllisiä opetuksessa, tutkimuksessa, datan analysoinnissa ja raportoinnissa.

4. **Integraatio Google Driveen:** Käyttäjä voi tallentaa Colab-muistikirjat suoraan Google Drive -tilille ja jakaa ne muiden kanssa samalla tavalla kuin muutkin dokumentit.
5. **Valmiit kirjastot (moduulit):** Colabis-
sa on esiasennettuna useita suosittuja Python-kirjastoja, kuten TensorFlow, PyTorch ja scikit-learn, mikä helpottaa koneoppimisen ja datatieteen projektien aloittamista. Käyttäjä voi halutessaan ottaa käyttöönsä tarvitsemiaan moduuleita yksinkertaisesti.

Google Colab on siis tehokas ja joustava työkalu datatieteilijöille, tutkijoille, opiskelijoille ja kehittäjille, jotka työskentelevät tekoälyn, koneoppimisen ja tietojenkäsittelyn parissa. Näillä perusteilla se on valittu alustaksi opetusmateriaalipakettiin kuuluville harjoituksille.

Materiaalien tuottaminen

Aiheen opiskelua tukevat aineistot on soveltuvien osin koottu Colabin opetusmateriaalista. Sieltä löytyvät tarpeelliset perusteet niin Python-ohjelmointikielestä kuin tekoälystä ja koneoppimisesta. Lisäksi mukaan on valittu kolmansien osapuolten aineistoja siltä osin kuin ne tukevat perehtymistä toimintaympäristöön ja käytettäviin välineisiin.

Arvosteltavien harjoitusten ja tehtävien osalta huomattiin, että kannattaa tuottaa automaattisesti muokattavia ja ainutkertaisia sisältöjä soveltaen muistikirjojen ohjelmointiominaisuuksia. Käytännössä on olemassa useita tapoja luoda vaihtuvasisältöisiä Colab-muistikirjoja, joissa opiskelijat työskentelevät yksilöllisten data-arvojen kanssa. Se osaltaan helpottaa harjoitusten ja tenttien laatimista ja arviointia.

Yksi mahdollinen lähestymistapa asiaan on tällainen:

1. **Luodaan mallimuistikirja:** Luodaan aluksi mallimuistikirja, joka sisältää kaikki tarvittavat koodisolut, ohjeet ja tehtävät, mutta ilman lopullisia

data-arvoja.

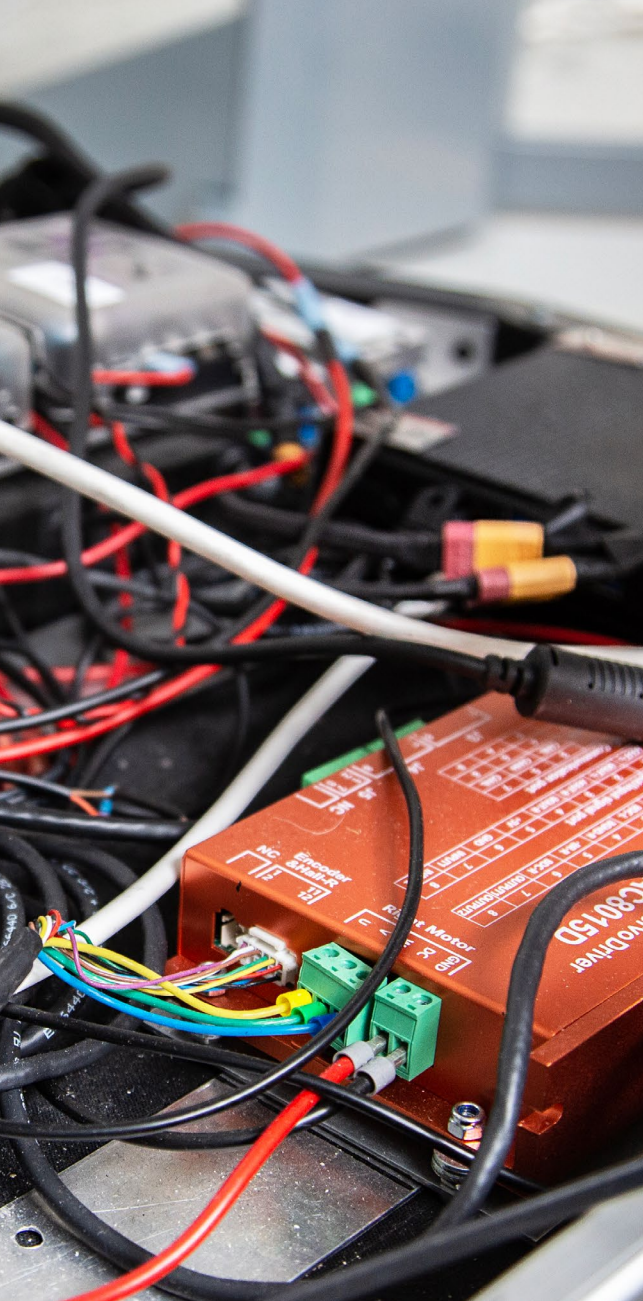
2. **Data luominen:** Lisätään muistikirjaan koodisolu, joka luo tai valitsee satunnaisesti data-arvoja käyttämällä Pythonin satunnaistointitoimintoja tukevia kirjastoja, kuten **random** tai **numpy.random**. Näillä voi esimerkiksi tuottaa satunnaisia numeroita, valita otoksen suuremmasta datajoukosta tai sekoittaa datajoukkoa. Jos on tarpeen tuottaa keinotekoisesti monimutkaisempia ja -puolisempia data-aineistoja, niin Pythonille löytyvät esimerkiksi sellaiset kirjastot kuin **Faker** ja generatiivisia vaihtoehtoja soveltava **ydata-synthetic**.
3. **Yksilölliset muistikirjat:** Koodaamalla voi luoda skriptin tai työkalun, joka automaattisesti luo useita kopioita mallimuistikirjasta, mutta vaihtelevilla satunnaisilla data-arvoilla. Tämä voi käytännössä olla Python-skripti, joka käyttää Google Drive APlä muistikirjojen luomiseen.
4. **Muistikirjojen jakaminen:** Kun yksilölliset muistikirjat on luotu, ne jaetaan opiskelijoille esimerkiksi sähköpostitse tai oppimisalustan kautta.
5. **Varmistus:** Opettajan tulee pitää lis-

taa siitä, mitkä data-arvot on annettu kullekin opiskelijalle, jotta voidaan varmistaa tehtävien ratkaisujen oikeellisuus tarkistusvaiheessa.

Tämä lähestymistapa voi auttaa opiskelijoita oppimaan, koska näin heidän on työskenneltävä erilaisten skenaarioiden kanssa. Se vähentää myös mahdollisuutta, että opiskelijat vain kopioisivat toistensa vastauksia. Kannattaa kuitenkin muistaa, että lähestymistapa edellyttää hieman enemmän valmistelua ensimmäisellä toteutuskerralla, erityisesti jos opiskelijoita on suuri määrä.

Materiaalien kehittämis- ja muokausprosessi

Otettaessa Colab-muistikirjoja käyttöön kannattaa tuottaa kohdealueen datat omatoimisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkkidataa kerätään laboratoriolaitteista ja ohjelmistoista, ellei avointa dataa ole suoraan saatavilla muualta. Opetuksessa kannattaa soveltaa mahdollisimman monipuolisia datajoukkoja, jotta oppijat saisivat käytännön tuntuman oman osaamisalansa



datan luonteeseen sekä sen soveltamis-
periaatteisiin liittyen koneoppimiseen ja
tekoälyyn.

Muistikirjojen automaattinen tarkastus

Google Colab -muistikirjoja voidaan tarkas-
taa automaattisesti erilaisilla menetelmil-
lä. Yleisesti ottaen automaattinen tarkastus
voi sisältää koodin laadun tarkastamista,
testien suorittamista tai muotoilun tarkista-
mista. Tässä muutamia vaihtoehtoja auto-
maattiseen tarkastukseen:

1. **Käyttämällä assert-lausekkeita:**
Koodin sisällä voi käyttää **assert**-lau-
sekkeita varmistamaan, että koodin
tietty osa tuottaa odotetut tulokset.
Esimerkiksi, **assert sum([1, 2, 3]) ==**
6.
2. **Käyttämällä yksikkötestejä:** Yksikkö-
testejä voi kirjoittaa testaamaan koo-
din toimivuutta. Pythonin sisäänra-
kennettu **unittest**-moduuli on hyvä
työkalu tähän.
3. **Käyttämällä automaattisia tarkis-
tustyökaluja:** Automaattisia koodin
tarkistustyökaluja, kuten **pylint** tai
flake8, voidaan käyttää tarkistamaan
koodin laatu ja ohjelmointikäytäntö-

jen noudattaminen. Näitä työkaluja
voidaan ajaa suoraan Colab-muisti-
kirjassa.

4. **Automaattinen arviointi käyttäen
ulkoisia palveluja:** Joissakin oppilai-
toksissa ja kursseilla käytetään ulkoi-
sia palveluja, kuten **nbgrader** tai **au-
tograder**, automatisoidun arvioinnin
suorittamiseen. Muistikirjan voi la-
data näihin palveluihin ja määrittää
automaattisen arvioinnin asetukset.
Tässä tulee huomioida yksityisyys
erittäin huolellisesti, eikä käyttäjätie-
toja saa julkistaa automaattitarkas-
tuksen missään vaiheessa.
5. **GitHub Actionsien käyttäminen:**
Jos Colab-muistikirja tallennetaan
versionhallintapalvelu GitHubiin,
voidaan käyttää GitHub Actionsia
automatisoimaan testien suorittami-
nen aina, kun muistikirjaan tehdään
muutoksia.

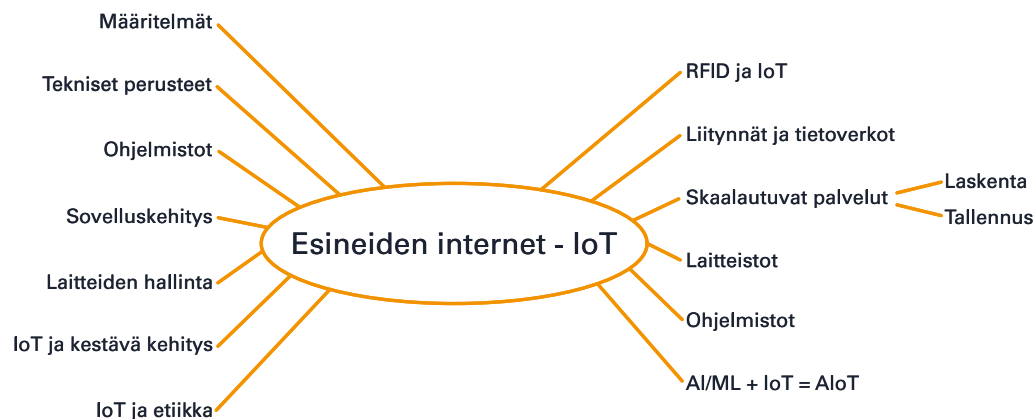
On tärkeää huomata, että vaikka automaat-
tinen tarkastus voi olla hyödyllinen, se ei
välttämättä korvaa henkilökohtaista ihmi-
sen tekemään tarkastusta, erityisesti moni-
mutkaisten tai luovien tehtävien osalta.

Tämän vuoksi on suositeltavaa käyttää automaattista tarkastusta yhdessä manuaalisen tarkastuksen kanssa tasapainoisen arvioinnin saavuttamiseksi.

Opetusmateriaali esineiden internetistä

Esineiden internet (engl. Internet of Things eli IoT) jää ilman tekoälyn ja robotiikan soveltamista irralliseksi konseptiksi, eikä siihen pidä paneutua erillisenä oppiaineena. Käytännössä se sisältyy yleisesti automaatiotekniikan opetussuunnitelmiin, koska kyse on tietokoneverkkojen avulla yhdistetyistä esineistä, joissa on omaa tietojenkäsittely-, tietoliikenne- ja tallennuskapasiteettia. Arkikielessä näitä kutsutaan älykkäiksi järjestelmiksi, joita sovelletaan niin kodintekniikassa kuin kaupan ja teollisuuden aloilla.

IoT-asioden opettamisessa Garage-perusteinen työskentely tehostaa ja nopeuttaa käsitteiden ja teknologioiden omaksumista. Ohjelmistoihin ja ohjelmointiin voidaan soveltaa tekoälyä, jonka avulla voidaan älykkäästi ohjata fyysisiä laitteita. Oppimistilanteet voidaan järjestellä



Kuva 2. Miellekartta esineiden internetistä.

esimerkiksi siten, että ohjelmoinnin ja robotiikan peruskäsitteet opiskellaan mahdollisesti erillään ja kun perusteet on käyty läpi, siirrytään soveltavaan osuuteen. Tällöin oppimista edistää parhaiten se, että oppijat pystyvät havainnoimaan tekemistään käytännössä. Esimerkiksi robottien ohjaamisessa voidaan käyttää manuaaliohjauksen ja ohjelmoitujen rutiinien lisäksi tekoälypohjaista ympäristön tarkkailua ja havaintoihin perustuvaa ohjaamista.

Oppimisympäristöjen käyttöönotosta IoT:n opiskelussa

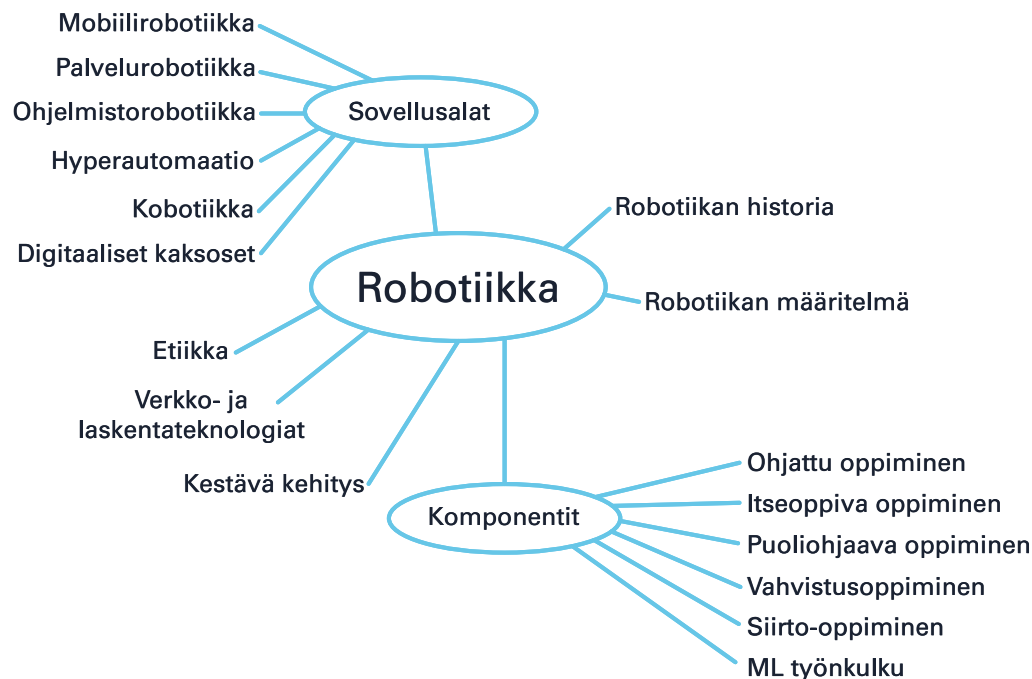
IoT vaatii ohjelmoinnin oppimista. Siihen voidaan soveltaa samaa Googlen Colaboratory-ympäristöä kuin tekoälyn ja koneoppimisen yhteydessä. Painopiste kannattaa pitää datan keruussa, käsittelyssä ja toiminnoissa. Datan keruuta varten markkinoilla on valmiita laitteistoja, joiden avulla voidaan demonstroida ja opiskella IoT-asioita kokeilemalla. IoT-asioden opettaminen erillään tekoälystä ja robotiikasta

ei ole mielekästä, koska nämä kolme toimialaa liittyvät niin keskeisesti toisiinsa.

Opetusmateriaali robotiikasta

Hankkeessa kehitellyn opetusmateriaalikononaisuuden kolmas osa-alue käsittelee robotiikkaa. Kyseinen materiaali kattaa laajan alueen. Tavoitteena oli esitellä robotiikka samassa yhteydessä siihen oleellisesti kytkeytyvien tekoälyn ja IoT:n kanssa. Perusteena on se, että robotiikka on monitieteinen tutkimusala, joka keskittyy ihmistä avustavien laitteiden ja ohjelmistojen suunnitteluun, testaamiseen, rakentamiseen ja käyttämiseen. Robotti on automaattinen kone, joka voi suorittaa tehtäviä ilman ihmisen väliintuloa. Robotit voidaan ohjelmoida suorittamaan tiettyjä tehtäviä, tai ne voivat oppia tehtäviä kokemuksen kautta.

Keskeiset robotiikkaa tukevat tieteenalat ovat tietotekniikka, elektroniikka, sähkötekniikka ja konetekniikka. Tietotekniikka ja elektroniikka tarjoavat robottien toiminnan mahdollistavat sensorit, ohjaimet ja ohjelmistot. Sähkötekniikka kehittää robottien voimanlähteitä, kuten moottoreita ja akkuja. Konetekniikka puolestaan suunnittelee



Kuva 3. Miellekartta robotiikasta.

ja rakentaa robottien rakenteet, kuten liik-
kuvat osat ja nivelet.

Robottiikka voidaan jakaa teollisuus- ja pal-
velurobotiikkaan. Teollisuusrobotteja käy-
tetään teollisuudessa erilaisiin tehtäviin,
kuten valmistukseen, kokoonpanoon ja
pakkauksiin. Palvelurobotteja käytetään esi-
merkiksi terveydenhoidossa, logistiikassa
ja myynnissä.

Robottiikan sovelluskohteet ovat laajat.

Robotteja käytetään muun muassa:

- ▶ teollisessa valmistuksessa
- ▶ kokoonpanossa
- ▶ pakkaamisessa
- ▶ logistiikassa
- ▶ terveydenhuollossa
- ▶ sotilaskäytössä
- ▶ tutkimuskäytössä
- ▶ koulutuksessa.

Robottiikka on nopeasti kehittyvä ala. Uusia
robotteja kehitetään jatkuvasti, ja robottien
suorituskyky paranee koko ajan. Robottiikan
kehitys vaikuttaa merkittävästi yhteiskun-
taamme ja työelämään.

Oppimisympäristöjen käyttöönotosta
robotiikan opiskelussa

Oppimisympäristönäkökulmasta robotiikan
opetus kannattaa yhdistää xGarage-toimin-
taan, koska tavoitteena on oppia, tutkia ja
kehittää toimivia robotteja. Opetus kannat-
taa suunnitella yhdessä muiden DigiTally-
toimijoiden kanssa projektin hengen
mukaisesti.

Kari Tammi, Jie Li, Juuso Autiosalo, Jari Vepsäläinen, Pejman Habibiroudkenar, Aleks Pippuri,
Vaibhav Tanaji Shinde & William Skog

Innovative LocoLab

In recent years, the field of mechatronics has experienced a surge in technological advancements, revolutionizing the way we approach education and practical learning. Among the forefront of these developments are Locolabs- dynamic, locally-based innovation centers.

Integrating Robotic Operating Systems (ROS) and a digital garage into mechatronic education holds the promise of fostering a new generation of engineers and innovators equipped with the skills and knowledge to tackle complex challenges in an increasingly interconnected world.

Project Background

The diversity of Mechatronics education

Mechatronics is a multidisciplinary topic that encompasses mechanics, robotics, computer systems, control, manufacturing, and electronics (Wikander, Törngren & Hanson 2001; Eichinger, Hofig & Richter 2017). Defining it presents challenges due to two primary reasons:

1) The content of mechatronics is rapidly expanding in alignment with the state-of-the-art advancements, and

2) Its multidisciplinary and interdisciplinary nature give rise to diverse research and study focuses and directions

Based on these reasons, planning Mechatronics education requires a clear strategy and goal. For example, Prof. Kari Tammi (the dean of School of Engineering at Aalto University) says,

Various expectations or mechatronics solutions will never be covered in teaching. Trying to cover all the mechatronic solutions would most likely lead to losing alignment. A course would become a presentation about everything possible you can study in mechatronics. I believe this aspect makes project-based learning quite popular and a suitable approach in mechatronics. Wide field, various expectations, and multiple alternatives require a teacher to set clear goals, make a strategy, and an implementation plan for teaching a mechatronics course. Hence, an approach based on constructive alignment is well motivated.

Integrating digitalisation in Mechatronics education: Why and How

Mechatronics education has evolved in many ways to educate novice engineers in tackling the newest challenges of industrial 4.0. It is expected to assist students in advancing their skills, aligning with the dynamic changes of the industry and technology (Eichinger, Hofig & Richter 2017). With the rapid development of digitalization and robotic programming, the assessment of educational outcomes and working capacity of engineers now incorporates their digital skills as an essential aspect. Thus, integrating digitalization in the strategy development and curriculum design is necessary.

Due to the diversity of Mechatronics education, simply transitioning on-site teaching to online or teaching students about digital tools is insufficient. In accordance with the extended vision of the EMCF– Learning Construction Methodology (EMCF – LCM), the incorporation of learning scenarios enables students to acquire more generative learning experiences and facilitate the transformation of knowledge from digital

NUMEROUS ROBOT PROGRAMMING OPTIONS ARE CURRENTLY AVAILABLE FOR STUDENTS AND EXPERTS, RANGING FROM VOCATIONAL SCHOOLS TO INDUSTRIES.

tools to educational practice (Carlos-Mancilla et al. 2021; Guerrero-Osuna et al. 2023). These scenarios encompass both physical and digital concepts, including virtual labs, on-site classrooms, hybrid learning environments, and more.

ROS & LocoLab: letting students practice in a “real digital factory”

Numerous robot programming options are currently available for students and experts, ranging from vocational schools to industries. Among these, the Robotic Operating System (ROS) stands out as an open-source framework that offers a comprehensive set of software libraries and tools specifically designed for the development of robotic systems (Quigley et al. 2009). ROS encompasses a flexible and modular architecture that facilitates the seamless integration, control, and development of robots and robotic systems (Cashmore 2015). By incorporating essential functionalities such as robotic control, sensor integration, human-robot collaboration, automation and workflow management, simulation, and virtual testing, as well as data analytics and optimization,

educators and students can collaboratively construct a digital factory and successfully execute projects.

At Aalto LocoLab, the primary objective of researchers, educators, and students centres around the application of state-of-the-art technology to address authentic industrial challenges. A notable example involves the establishment of the LocoLab, which utilizes the Robot Operating System (ROS) to provide a platform for conducting a wide range of projects. These projects encompass various areas of study, including but not limited to autonomous driving, digital map construction, and robot localization. This serves as the initial motivation for initiating the DigiTally project.

Where the journey of DigiTally starts

Despite the numerous direct advantages associated with the utilization of ROS and digital factory in Mechatronics education, the process of establishing a course and documenting all relevant materials and tasks requires significant time and labour-intensive efforts. This occurrence is commonly observed when introducing

a new tool into curriculum development. Prior to implementing a mature curriculum system, educators must undertake extensive preparatory work, which includes tasks such as material preparation, equipment installation, process testing, coding, and debugging, among others (Ebert-Uphoff et al. 2000; Litzinger et al. 2011). Consequently, while students may have been informed about the new tool, they must still exercise patience as they await the opportunity to engage in learning and operating it (Grepl 2011). For example, Dr. Jari Vepsäläinen says,

I was the main author of the funding proposal from Aalto's side. The initial motivation was to get funding for educational development, as most of the projects are research focused. My vision was to develop ROS education material that is open to anyone (not only university students), and they could access a browser-based virtual machine which had Linux, ROS installed and possibly automatic grading integrated. Before I created the

course 'Vehicle Mechatronics: Control', there was no ROS education basically at Aalto. Even in the robotics group, students are supposed to learn 'what is ROS?' based on a few slides and handouts - [there was] no real exercises on the internal workings of it or how to use it.

Actions

Implementation Plan

To address this gap, a three-year multi-school (Metropolitan, Omnia, Aalto University, and University of Helsinki) cooperation program has been initiated (Figure 1). The central aim of this program is to develop an expansive learning resource for students and individuals from the public who possess an interest in incorporating ROS (Robot Operating System) into their studies or academic pursuits. Aalto University's implementation of this program is centered around LocoLab, where the utilization of TurtleBots and D-Bot is coupled with fundamental Mechatronics courses. To better facilitate student

assistance and effectively accomplish the project's objectives, a series of workshops encompassing various subjects are offered. Moreover, a blended learning course, which is accessible through the platforms provided by Aalto University, is being created as the outcome.

Aalto LocoLab

Aalto University has implemented the program in accordance with the LocoLab. The LocoLab is a specialized laboratory at Aalto University, designed to facilitate the practical instruction of students in various areas, such as the application of Robotics Operating System (ROS), mobile robots, and autonomous mobility. The lab's equipment has been arranged to support efficient teaching and practical experimentation. The LocoLab consists of three adjacent spaces, namely the Crane Lab, Mechatronics Lab, and Autonomous Mobility Lab. The Mechatronics Lab comprises a metal workshop, an electrical workstation, and an assembly area, which are accessible to students.

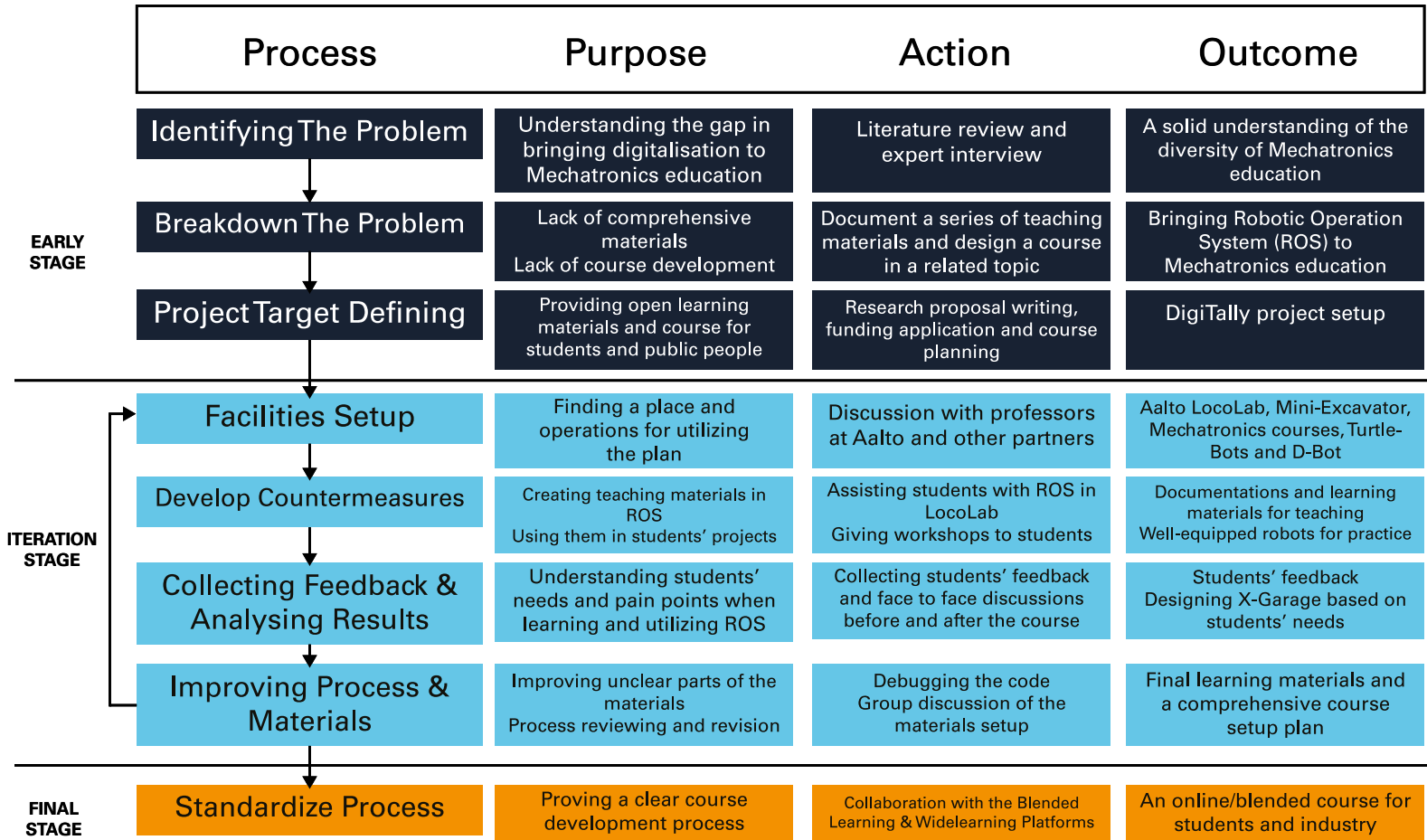


Figure 1. The implementation plan of DigiTally project. Creator: Jie Li.

The Autonomous Mobility Lab, on the other hand, is primarily intended for researchers and provides an assembly area with the option for electronic work. Finally, the Crane Lab serves as the focal point of the LocoLab, offering the necessary space and equipment for practical testing and development of mobile robots by both students and researchers.

Mini-Excavator

ROS has the capability to be employed in a diverse range of operations, including robotics hands, sensors, and robots, among others, in accordance with the specific needs of users and use cases. Our objective is to achieve the automation of the arm on a Mini-Excavator through the utilization of the Robot Operating System (ROS) and the integration of the MoveIt Library for motion planning between two predetermined points.

TurtleBots and DBot

The TurtleBot3 represents a widely adopted robotic platform utilized extensively in research, educational, and development

endeavors. This platform offers several notable features, including user-friendly operation, affordability, and customization options. It serves as an effective tool for teaching concepts such as ROS, computer vision, Lidar technology, artificial intelligence, and other related subjects.

DBot, an additional educational robot employed within the scope of the DigiTally project, demonstrates advanced capabilities facilitated by the integration of robust electronic components, including the NUK (Primary computer with Core i5 CPU and RTX 2060) and Velodyne VLP 16 3D lidar. This integration enables DBot to offer students a plethora of learning opportunities in ROS environments.

Mechatronics courses

Aalto University provides a range of fundamental courses tailored for bachelor-level and master-level students specializing in Mechatronics. Among these courses are the Mechatronic Exercises and Mechatronics Project, which are project-based courses designed to enable students to address genuine industrial challenges.

These courses offer students the opportunity to collaborate with industrial companies and assist in resolving technical issues. Following several months of group work, students will present their final outcomes at the Mechatronic Circus and an academic conference.

To enhance the development of educational materials pertaining to ROS (Robot Operating System), the DigiTally team engages in collaboration with professors responsible for teaching the respective courses. Additionally, the team actively collaborates with student teams who employ ROS for the completion of their assigned tasks. In assisting the students, project workers provide support in areas such as robot installation, ROS configuration, testing, and establishing connections. The entire process and relevant materials are meticulously documented for educational purposes, ensuring comprehensive and accessible resources for future use.

Workshops in ROS, Git & LocoLab

Furthermore, DigiTally provides workshops about ROS, Git and LocoLab.

These workshops are structured into two distinct levels, namely basic and advanced, catering to students with varying levels of proficiency. The basic-level workshop concentrates on software installation and robot setup, ensuring students acquire fundamental knowledge in these areas. Conversely, the advanced-level workshop offers students the chance to engage in coding and debugging exercises, enabling them to independently control the robots and engage in collaborative group work aimed at establishing connections.

Furthermore, instructional videos were systematically recorded during the workshop sessions for educational purposes. These videos serve the objective of providing comprehensive teaching materials and capturing the essence of the workshop experience. Additionally, students' feedback was diligently collected to gain valuable insights into their specific requirements and preferences pertaining to Mechatronics education.

Blended & Online learning course setup

Aalto University employs blended learning and wide learning platforms to facilitate the creation and enhancement of tools, learning methodologies, and courses, with a specific emphasis on online and blended learning approaches. These courses cater to both students and industrial experts, aiming to efficiently transfer knowledge and facilitate optimal learning outcomes. In addition, we recorded a series of course videos and created an Autonomous Wave Channel on YouTube. It comprises Mechatronics Machine Design, ROS basics, different ROS operations, Control Theory, and knowledge of digital twin.

In alignment with the DigiTally project, comprehensive teaching materials and documentation pertaining to ROS and robots have been meticulously created. Subsequently, educational frameworks generated by the blended learning platform, along with their corresponding assessment materials, will be employed to design a blended ROS course tailored for students and experts from the industrial domain.

THE BASIC-LEVEL WORKSHOP CONCENTRATES ON SOFTWARE INSTALLATION AND ROBOT SETUP, ENSURING STUDENTS ACQUIRE FUNDAMENTAL KNOWLEDGE IN THESE AREAS.

Project Outcomes

Outcome I: Upgrading the TurtleBot3 with a Raspberry Pi camera

Our TurtleBots are equipped with 2D LiDAR and Raspberry Pi camera (Picture 1). It gains enhanced perception capabilities and the ability to capture visual and depth information simultaneously. This combination enables the robot to have a more comprehensive understanding of its surroundings and perform more sophisticated tasks.

In particular, the combination of LiDAR with TurtleBot presents numerous applications in mapping, localization, path planning, and navigation. This integration facilitates the generation of a comprehensive 2D point cloud map of the robot's surroundings, enabling seamless traversal of the environment while adeptly avoiding various obstacles. Utilizing a Raspberry Pi camera, a TurtleBot exhibits the capability to autonomously detect lanes on a city map and navigate through them.



Picture 1. Upgraded TurtleBot3 in the lab. Photographer: Aleksi Pippuri.



Picture 2. The D-Bot with Velodyne VLP 16. Photographer: Aleksi Pippuri.

This functionality serves to accomplish tasks such as object detection, recognition, and providing a platform for instructing students in the field of computer vision. Leveraging sophisticated computer vision algorithms, the TurtleBot can successfully identify and track objects within its environment, thereby enabling applications like object sorting and visual inspection, among others. It provides students with a practical, hands-on platform for experimentation, algorithm development, and exploration of diverse facets within the realm of Robotics.

Outcome II: Using DBot to Map, Localize, and Filter Dynamic Points in Cloud Data

Using Velodyne VLP 16 with DBot, which emits 16 laser rays in a 30-degree field of view with a maximum range of 150 meters, students can collect data in both indoor and outdoor environments (Picture 2).

The collected data in bag format (ROS archiving format) is then fed to `hdl_graph_slam` to register point clouds with various settings such as size or resolution. The SLAM and the corresponding map can be

used for autonomous driving by providing a real-time map of the surroundings. Additionally, it can be utilized in virtual reality for mapping the world and updating virtual objects accordingly. An example of a map generated by `hdl_graph_slam` is demonstrated in the Figure 2. After mapping, the robot can utilize the generated map for self-localization using `hdl_localization`. These actions will be a part of the learning materials and provide examples for students to understand the context.

Outcome III: Excavator equipped with electric motor and direct driven hydraulic system

To facilitate simulation, a Unified Robot Description Format (URDF) is generated from the CAD model using a CAD to URDF conversion utility. To overcome the complexities inherent in the closed loop kinematic chains and hydraulic mechanisms present in the excavator, an angle to length mapping technique is employed, whereby the cylinder extension corresponds to

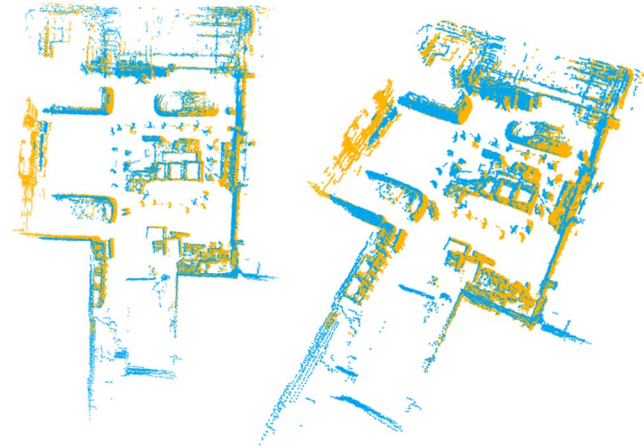


Figure 2. An example of map generated using D-Bot. Creator: Pejman Habibiroudkenar.

the angle measurement. The planned waypoints, provided by the MoveIt Library, are then executed using closed loop control, specifically Proportional-Integral-Derivative (PID) control. Communication between the Linux and Windows machines is facilitated through Network Sockets, leveraging the TCP/IP network environment (Picture 3). In addition to ROS automation, a few LabView applications are employed for joystick-based manual excavator control.

Outcome IV: A Digital Environment for Students to Practise: The hybrid LocoLab

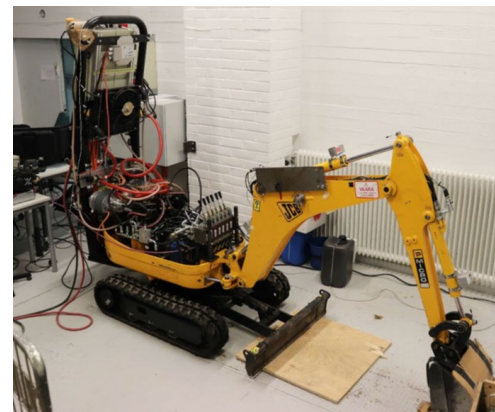
The original LocoLab, initially established as a physical environment comprising robots, city maps, and other machinery, has been digitally expanded to encompass a hybrid vision that integrates a ROS-based environment. This expansion involves interconnecting all the robots, cameras, and maps, thereby enabling students to independently test their code and effectively utilize the available robotic resources. Through the utilization of the hybrid LocoLab, students will undergo an introductory course in ROS, which employs TurtleBots and the Dbot as illustrative

examples. Successful participation in this course necessitates a foundational comprehension of Python programming.

The integration of physical and virtual laboratories establishes a connection that alleviates the limitations associated with on-site ROS courses, thereby affording individuals the opportunity to enhance their skills at any location and time. By adhering to the provided instructions and learning materials, students can successfully accomplish self-learning tasks and engage in individual practice sessions. Moreover, this setup facilitates collaboration among students involved in the same project, enabling them to partition their tasks and subsequently merge their respective outcomes for collective advancement.

Outcome V: Assisting students to utilize ROS in studies and documenting the process

Aligning with the Mechatronics project course, here is an example of incorporating the Robotics Operating System (ROS) into Mechatronic education. The DigiTally team assisted students in installing ROS for the

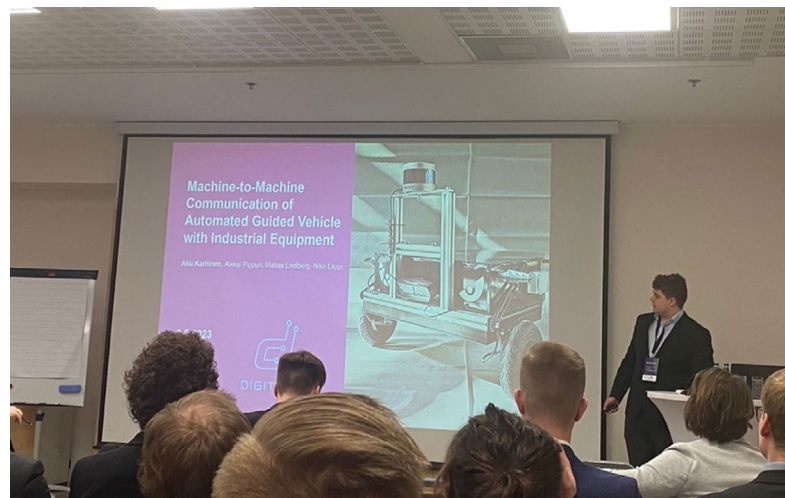


*Picture 3. The Autonomous Excavator.
Photographer: Juuso Autiosalo.*

purpose of establishing connections and controlling robots in line with the Machine-to-Machine communication project. The students were the first to utilize the facilities of the LocoLab to a great extent and from their feedback we were able to better understand the needs of the students whilst working on physical robots. The ultimate objective was to develop an automated guided vehicle to work with an industrial crane. Students were tasked with implementing an automated guided vehicle (AGV) based on ROS from the ground up and the AGV was supposed to communicate with an industrial overhead crane as well as an ultra-wide bandwidth radio localization system. To test their concept, students utilized the D-Bot platform in conjunction with ROS and established connectivity with the Konecranes crane. Project workers documented the entire process including ROS installation, robot connection, map building and localization for the educational materials.

Outcome VI: Students' Feedback

Students' feedback from both workshops and courses was collected and employed



Picture 4. Students presented the outcome at the Modern Materials & Manufacturing 2023 conference in Tallinn. Presenter: Aku Karhinen, Photographer: Jie Li.

to assess the quality of the workshop content across three key dimensions: its relevance to their academic or professional pursuits, the usefulness of the contextual information provided, and their satisfaction with logistical arrangements. As an illustration, during the ROS workshop, it was found that 80% of participants perceived the content to be pertinent to their studies or work, 85% regarded it as highly helpful, and 85% expressed satisfaction with the logistical aspects of the workshop. Furthermore, participants expressed their

interest in several topics related to ROS, such as path planning, robots' connectivity, perception, and navigation, which were subsequently considered for further development. Based on the feedback received, improvements were made to enhance future learning materials and incorporate these suggested topics.

Furthermore, discussions were conducted with students who collaborated with DigiTally project personnel in relation to their studies and projects. Favorable

responses were obtained concerning the workshops and the support offered for their studies. One notable conclusion derived from these implementations is that Mechatronic education assumes a pragmatic and project-focused approach. A valuable course structure should effectively cater to the requirements of students, equipping them with sufficient knowledge delivery for their study endeavors, research endeavors, and practical undertakings. For example, one student says,

The Digitally project team were supportive and provided technical expertise and mental support throughout the project. They were also present and active during the events related to the project (mechatronics circus and mechatronics symposium). In addition, the workshops given by the team helped patch knowledge gaps related to the project topic and the implementation of the project (for example, ROS and Git).


Standardization

Blended Course Design

According to the established plan, all the requisite materials and equipment will be employed in the development of a blended course centered around ROS. This course is designed to cater not only to university students but also to industrial experts with a shared interest in the subject matter. The ultimate objective is to facilitate their utilization of the aforementioned robots in various projects and research endeavours.

The course entails a combination of physical and online content, leveraging ROS as the means to control the robots. The online course is structured around several thematic modules, including an Introduction to TurtleBots, Robot Installation and Setup, an Introduction to ROS and Basic Programming, Remote Connections, Subscribing and Publishing Topics, Localization and Navigation, and finally, the Implementation of Cameras to TurtleBots (Picture 5). It also covers the other context of Mechatronics education, including digital twin, practical implementations and

related research topics. Upon completing this online course in a sequential manner, an intensive workshop can be arranged, contingent upon the demand for practical experience with the physical robots available at LocoLab. This workshop serves to provide students with a more comprehensive understanding of the intricacies associated with robot utilization, while also addressing potential issues that may arise during their application.



AutonomousWaveChannel

@autonomouswavechannel6121 59 subscribers 61 videos


More about this channel >

Subscribe

HOMEVIDEOSSHORTSPLAYLISTSCOMMUNITYCHANNELSABOUT

Q

Videos ▶ Play all



Human Machine Interface
Connected to Digital Twin V4:56

MACHINAIDE Aalto University - Crane domain...

146 views • 10 days ago

My strategy to work with DSc students

1. One-to-one meetings (in addition to project meetings) every second week. Easy to sign up on goals, and nobody loses their face if the goals are not met during the past two weeks.
2. Pairs of doctoral students working on some topic. By all means of leadership, I ensure student pairs work together and share ideas.
3. Competence- or problem-oriented task forces, e.g. how to fill millions review documents, get simulation model functioning, write scientific contribution, write thesis comp...

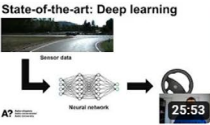
Open strategies to stay out task forces

A? 25:09

Impactful Research Lecture

20 views • 3 months ago


State-of-the-art: Deep learning



A? 25:53

VMC: Perception & Control


95 views • 10 months ago



1:06

VMC Project Work Example

41 views • 10 months ago




1:04

VMC Exercise 6 Example Recording


63 views • 10 months ago

Shorts




Aalto Dbot Track Following

43 views



Aalto Dbot Outdoor Test Drive

134 views



Aalto Dbot Test Drive with a Controller

22 views

Picture 5. The Autonomous Wave Channel on YouTube.

Future Development

It is imperative to integrate a suitable pedagogical theory more effectively into the project and course structure (Wang et al. 2009). Given the diverse nature of Mechatronic education, many curriculum development efforts have focused on specific technological designs pertaining to existing laboratory facilities or research areas (e.g., Guerrero-Osuna et al. 2023). However, in the context of developing an online course, students may not always have direct interactions with instructors or other team members. Consequently, comprehending their needs and ensuring efficient knowledge transfer assumes paramount importance. This is the observation we made during the DigiTally project, and future development should be focused on this aspect.

References

- Carlos-Mancilla, M.A., Luque-Vega, L.F., Guerrero-Osuna, H.A., Ornelas-Vargas, G., Aguilar-Molina, Y., & González-Jiménez, L.E. 2021. Educational Mechatronics and Internet of Things: A Case Study on Dynamic Systems Using MEIoT Weather Station. *Sensors*, 21(1):181.
- Cashmore, M., Fox, M., Long, D., Magazzeni, D., Ridder, B., Carrera, A., Palomeras, N., Hurtos, N., & Carreras, M. 2015. Rosplan: Planning in the robot operating system. In *Proceedings of the international conference on automated planning and scheduling*, 25: 333–341.
- Ebert-Uphoff, I., Gardner, J.F., Murray, W.R. & Perez, R. 2000. Preparing for the next century: The state of mechatronics education. *IEEE/ASME transactions on mechatronics*, 5(2): 226–227.
- Eichinger, P., Hofig, B., & Richter, C. 2017. Education 4.0 for mechatronics—agile and smart. In *2017 International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM)* (pp. 1–7). IEEE.
- Grepl, R. 2011. Real-Time Control Prototyping in MATLAB/Simulink: Review of tools for research and education in mechatronics. In *2011 IEEE International Conference on Mechatronics* (pp. 881–886). IEEE.
- Guerrero-Osuna, H.A., Nava-Pintor, J.A., Olvera-Olvera, C.A., Ibarra-Pérez, T., Carrasco-Navarro, R., & Luque-Vega, L.F. 2023. Educational Mechatronics Training System Based on Computer Vision for Mobile Robots. *Sustainability*, 15(2): 1386.
- Litzinger, T., Lattuca, L.R., Hadgraft, R., & Newstetter, W., 2011. Engineering education and the development of expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1): 123–150.
- Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., Wheeler, R., & Ng, A.Y., 2009. ROS: an open-source Robot Operating System. In *ICRA workshop on open-source software*, 3(3.2): 5.
- Wang, Y., Yu, Y., Xie, C., Wang, H., & Feng, X. 2009. Mechatronics education at CDHAW of Tongji University: Laboratory guidelines, framework, implementations and improvements. *Mechatronics*, 19(8): 1346–1352.
- Wikander, J., Törngren, M., & Hanson, M., 2001. Emphasizing team building in a problem- and project-based curriculum to meet the challenges of the interdisciplinary nature of this field. *Robot. Automat. Mag* 8: 20–26.

Antti Lajunen

DigiFarm – learning environment for agricultural automation

With the help of the DigiFarm learning environment developed in this project, automation technology skills of master students are strengthened, and versatile skills are provided in the utilization of automation, digital technology, and artificial intelligence methods in agriculture.



At the same time, the foundation for a virtual learning environment was created, which can be used in the future openly in cooperation with other parties participating in the project or as its own entity.

Introduction

Automation technology in agricultural vehicles and other machinery is expected to increase significantly over the next decades. In agriculture, the use of automation technology typically increases when the farm size increases. The efficiency and sustainability of agricultural production are based to a certain extent on the technologies used, therefore it is essential in teaching of agricultural engineering to be able to ensure that future experts have sufficient knowledge and skills, especially about automation and related digital technologies. In order to obtain similar benefits from automation technologies in agriculture in comparison to other fields of industry,

these technologies must be thoroughly taken into account in education. In this way, the experts of the future have sufficient knowledge and skills related to the application and implementation of automation technologies.

Background

Traditional agricultural production faces challenges in increasing both quantitative and qualitative food production to meet the needs of a growing population in a changing climate. Since it is challenging to increase the efficiency of agricultural production with traditional methods, the sustainable enhancement of production and the improvement of the efficiency of using resources with the help of new technologies have become central research and educational topics. Automation, measurements, and data processing technologies have significantly changed our living environment and these technologies still have a lot of potential to be exploited for the needs of agriculture. For example, autonomous agricultural robots can be utilized in many ways, but so far commercial applications are still very limited. For this

reason, with the help of education and research, it is necessary to find out the usability of the technology in different fields of agriculture, in different tasks, and especially in the Nordic conditions. In the university education, it is also important to take into account the usability of the new technologies in different conditions and, above all, the eventual costs in relation to traditional methods.

Automation in agricultural vehicles and processes is expected to increase significantly over the next decades. The size of farms has been steadily increasing which has increased the use of automation technology for better control of processes and higher productivity (Bechar & Vigneault 2016). The efficiency and sustainability of agricultural production are based to a certain extent on the digital technologies implemented in the agricultural processes (Basso & Antle 2020). It is essential in the education of agricultural technology to ensure that future experts have sufficient knowledge and skills, especially about automation and related digital technologies (Saad et al. 2021). In order to obtain similar benefits from automation

technology in agriculture than in other industrial sectors, automation technologies must be thoroughly taken into account in education with relevant practical teaching methods.

Project objectives

The aim of the work package was to create a teaching and learning environment (DigiFarm) where students learn digital technologies related to agricultural automation through practical applications. In the master level studies in Agricultural Engineering of the University of Helsinki, agricultural automation and robotics have already been important topics in several courses in the past. The rapidly developing automation and digital technology field in agricultural systems have generated an important need for strengthening the basic programming and digital technology skills as well as the practical skills of application and implementation of automation systems.

||| AUTOMATION IN
AGRICULTURAL
VEHICLES AND
PROCESSES
IS EXPECTED
TO INCREASE
SIGNIFICANTLY OVER
THE NEXT DECADES.

Development of the learning environment

The developed DigiFarm learning environment focused on two themes and five different areas:

Basic skills

- 1) Programming
- 2) Measurements and sensors

Advanced topics

- 1) Automated processes
- 2) Robot operation
- 3) Digital farming

In the project context, the focus of the University of Helsinki was deeply in the automation of agricultural processes. Therefore, DigiFarm environment is focusing on the basic skills that are required to understand and develop automation systems and advanced topics such as control automation and object detection for deeper understanding of automation methods (Figure 1).

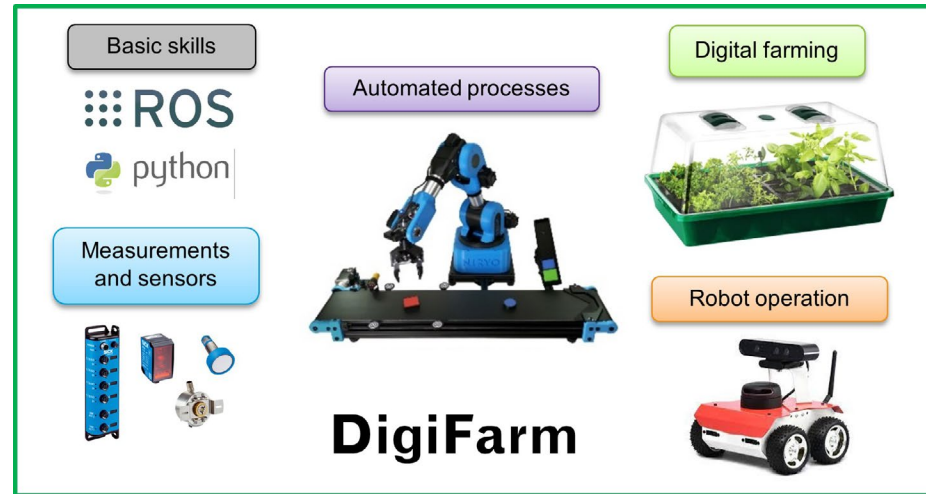


Figure 1. Different educational themes and topics of DigiFarm.

Basic skills

Programming

The basic skills include the basics of ROS (Robot Operating System) and python programming. ROS is widely used open source middleware in robotic solutions and it does not require any expensive hardware or software for implementation. There exist two versions of ROS named ROS and ROS2. The original ROS runs only in Linux distributions whereas ROS2 is compatible

also with Windows and iOS. The challenge for ROS is that there are several versions of ROS and there are certain compatibility requirements between ROS and operating system versions. Another challenge is the need for understanding ROS processes such as building a ROS package that relates to typical programming procedures.

Python is a widely used programming language which has a large user community and a wide selection of libraries for different purposes. It is also a flexible language

PYTHON CAN BE CONSIDERED A GOOD CHOICE FOR ENTRY LEVEL LANGUAGE IN TEACHING AUTOMATION AND ROBOTICS IN AGRICULTURAL ENGINEERING.

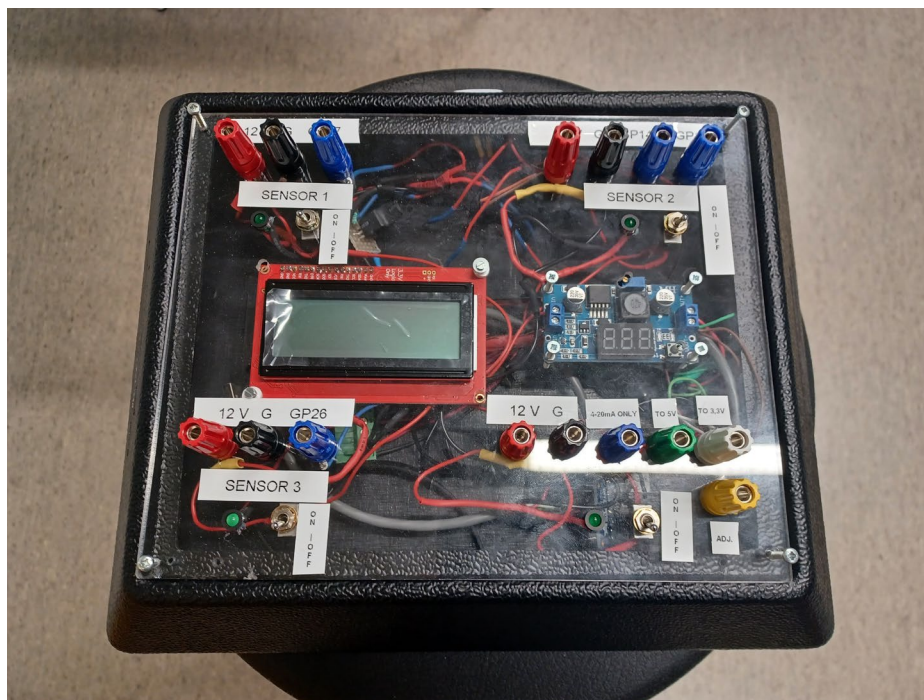
as users can write programs that are procedural, object-oriented, or functional, which makes it rather easy to use even for students with less experience with programming. Python is often used with ROS but sometimes C++ has been used for better operational performance. Python can be considered a good choice for entry level language in teaching automation and robotics in agricultural engineering. There are also reduced versions of python e.g. CircuitPython and MicroPython that are suitable for simple and less demanding calculations or control systems built with inexpensive microcontroller boards such as Raspberry Pi Pico.

Measurement and sensors

Data measurements are done increasingly in agriculture for monitoring growing conditions in the fields and for increasing the automated machine operations. Sensor technology provides nowadays rather easy measurement implementation in machines with a variety of sensors. The digitalization has made it quite affordable for building up measurement systems, logging systems, and automatic data processing.

Many of the agricultural processes rely on measurements and recorded data therefore it is crucial for students to understand the system level operations that rely on measurements.

There are many different types of sensors used in agricultural processes and measuring systems. Sensors are often times used in harsh conditions and different types of environments. Therefore, choosing a suitable sensor for a given application requires solid knowledge about the different types of sensors, their operational principles, and agricultural conditions. As a solution from the educational point of view, a specific sensor test bench was developed for testing and recording different types of sensors ([Figure 2](#)).



- Analog inputs: voltage 0-5V, current 4-20mA
- Digital input: 0 or 5V
- 12-bit A/D converter: inputs 3.3V, 5V and 12V
- 2 x Raspberry Pico + dual Expander breakout
- Saving measurements directly on a memory card
- Printing real-time measurement on the LCD screen

Figure 2. Sensor bench for testing and recording different sensors. Photographer: Antti Lajunen.

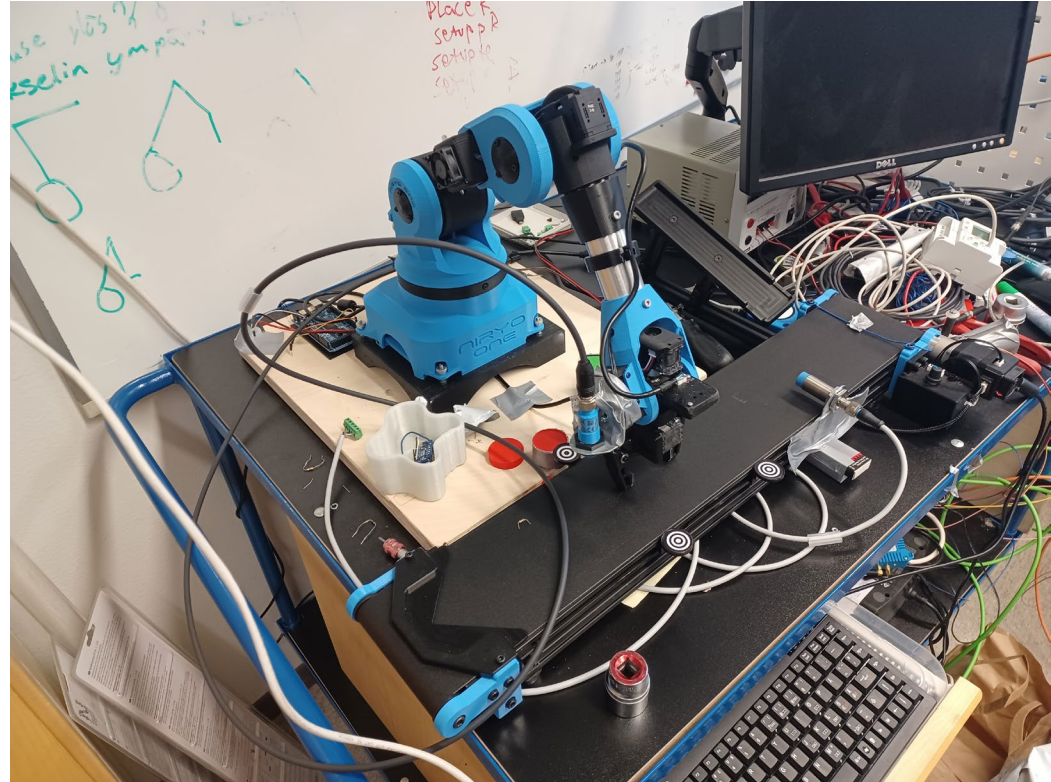
Advanced topics

The advanced topics include three specific practical learning platforms: 1) Automated processes, 2) Robot operation, and 3) Digital farming. As measurement technologies have an important role in agricultural processes, all these three platforms include different types of sensors and data logging systems.

Automated processes

The automated processes are demonstrated with an educational robot arm Niryo One (Picture 1) which corresponds to a typical robot arm used in industry with six degrees of freedom. In this context, the focus is to integrate sensors, detect objects based on their properties, operate the arm based on the measurements, and synchronized operations with a conveyor belt.

During the project, the robot arm platform was developed in a way that students can use the robot arm independently and later develop their own project by coding the required processes. Detailed description of the robot arm and its functions were



Picture 1. Development of a learning platform for Niryo One educational robot with a conveyor belt. Photographer: Antti Lajunen.

written with multiple figures for good readability. A specific measurement unit was built with an Arduino Mega board for connecting external sensors to the platform. In addition to the proximity sensors integrated to the conveyor belt, distance and inductive proximity sensors were added to the system. A camera was integrated close to the end effector that allows it to take photos from the objects to be manipulated.

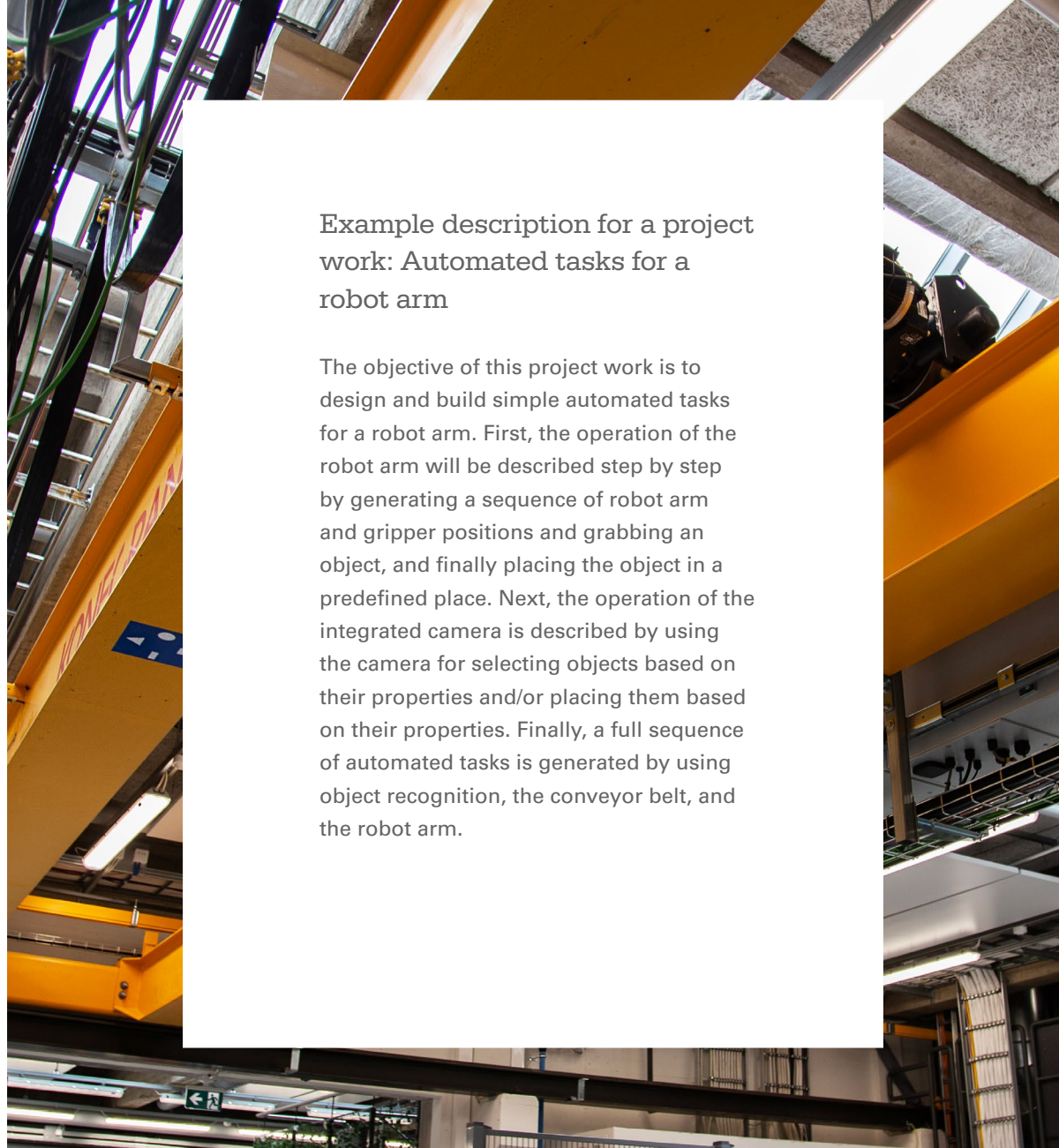
The Niryo robot arm comes with basic python programs and ROS libraries for operating the arm and end effectors. A python program was developed during the project for recording the positions of the joints in the arm. This way students could easily record the trajectories needed to move the arm and objects with a gripper or take photos of the objects with the camera.

Robot operation

In the teaching of robot operations, a mini robot ROSbot (Figure 3) is used. The robot is specifically built for educational purposes and has integrated sensors for environment mapping (stereo camera, lidar and distance sensors).

Example description for a project work: Automated tasks for a robot arm

The objective of this project work is to design and build simple automated tasks for a robot arm. First, the operation of the robot arm will be described step by step by generating a sequence of robot arm and gripper positions and grabbing an object, and finally placing the object in a predefined place. Next, the operation of the integrated camera is described by using the camera for selecting objects based on their properties and/or placing them based on their properties. Finally, a full sequence of automated tasks is generated by using object recognition, the conveyor belt, and the robot arm.



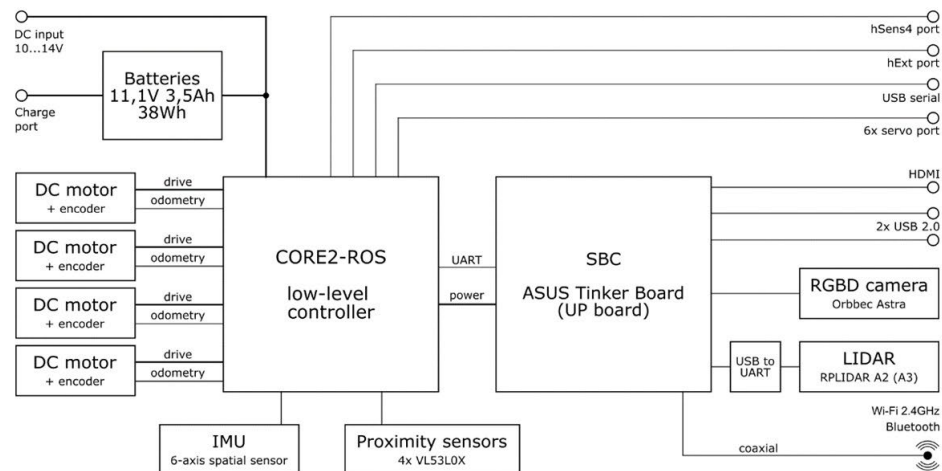


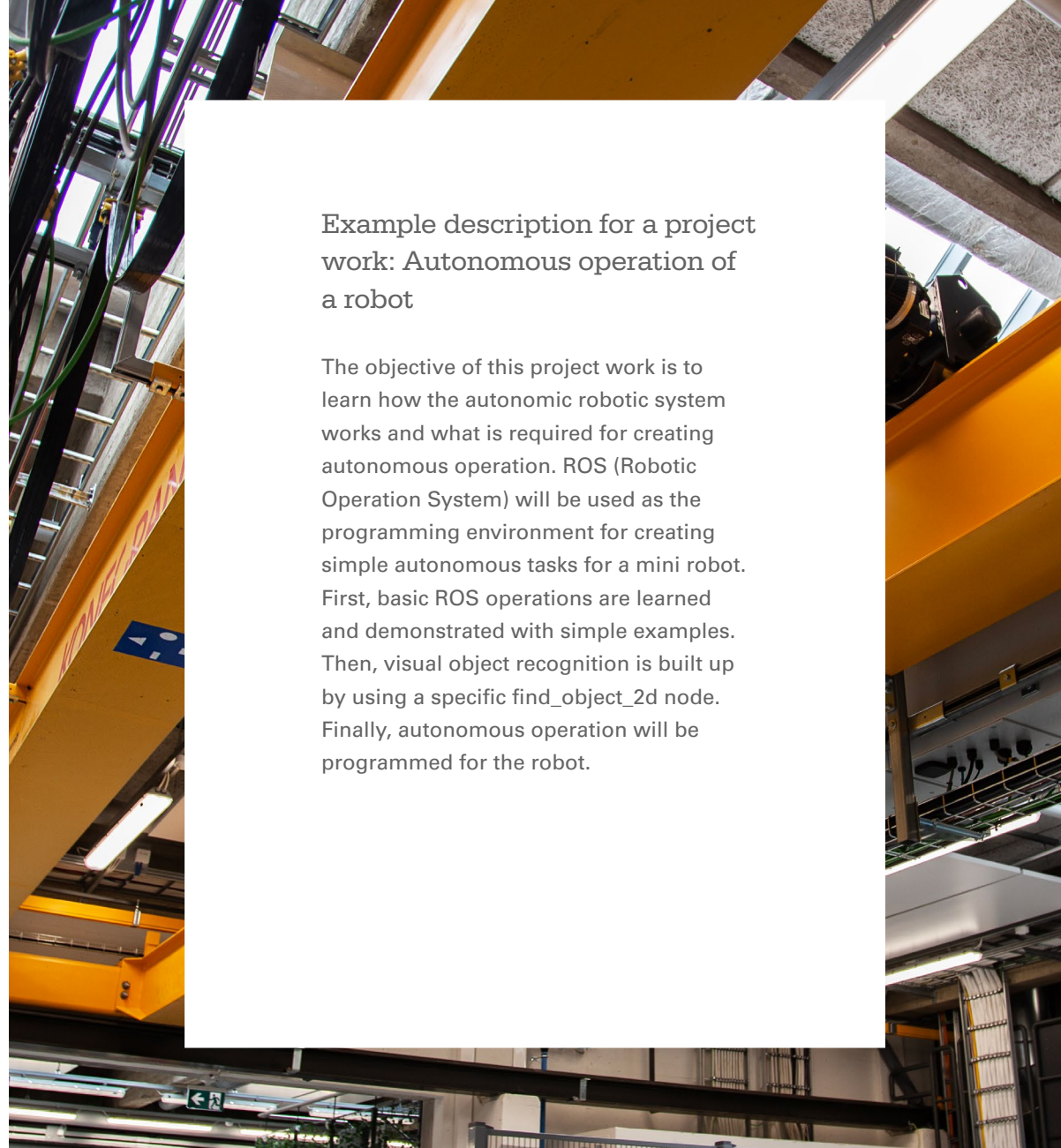
Figure 3. ROSbot mini robot and its main components (www.husarion.com).

The robot includes a control and data logging board, and computing board (Asus TinkerBoard). The robot runs with ROS and has preinstalled package of ROS with necessary libraries. The robot provides a platform for the development of autonomous operation by using different sensor data. It is possible to perform an accurate and precise SLAM (simultaneous localization and mapping), one of the simplest solutions is to use a laser scanner and an odometry system.

The challenge of using the ROSbot type of mini robot in teaching is the knowledge of ROS. The robot manufacturer has done quite extensive tutorials from basic ROS programming to advanced path tracking operations. During the project, the ROSbot was purchased, and the tutorials were studied and implemented. From the beginning, it was quite clear that having this type of robot as part of the student project work would require more than basic level knowledge of ROS and programming skills from the students. Therefore, it was obvious that quite detailed instructions would be required and probably a lot of rehearsals with ROS for successful project work.

Example description for a project work: Autonomous operation of a robot

The objective of this project work is to learn how the autonomic robotic system works and what is required for creating autonomous operation. ROS (Robotic Operation System) will be used as the programming environment for creating simple autonomous tasks for a mini robot. First, basic ROS operations are learned and demonstrated with simple examples. Then, visual object recognition is built up by using a specific `find_object_2d` node. Finally, autonomous operation will be programmed for the robot.

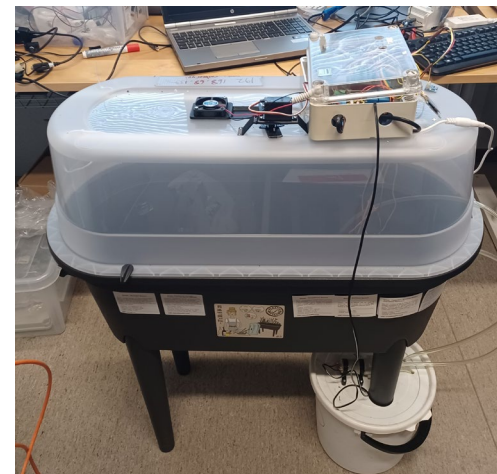


Digital farming

Digital farming methods are demonstrated and implemented with a mini greenhouse (Picture 2) that includes controllable under irrigation system, sensors for measurement of soil and air properties and conditions, as well as a control system for adjusting temperature, moisture, and lighting conditions. The demonstration version of the measurement and control system was built up on Raspberry Pi with Grove Base Hat in which most of the sensors are attached. In this context, students will learn how to develop a real-time data measuring and processing system that is used in controlling the growing conditions inside the mini greenhouse.

Teaching crop related topics generally in agricultural sciences would require classes or courses outside of the fall and spring semester of the Finnish academic year. With the limited teaching resources and students' unavailability during summer months especially in agricultural sciences, forces to generate novel teaching methods especially when trying to create realistic conditions. Thanks to rapidly developed

electronics such as Raspberry Pi type minicomputers, Grove type plug-and-play sensors, and communities on the internet (e.g. GitHub) that offers a wide variety of examples to develop and build up measurement and control systems. These controller boards and sensors are typically not industrial grade meaning that they are not recommended to be used for commercial purposes but rather just for hobbyist and do-it-yourself purposes. However, quite often these simple systems are more than enough for demonstrations and educational purposes. Especially in agricultural automation it is crucial to understand the system level operation and the importance of the prevailing environment.



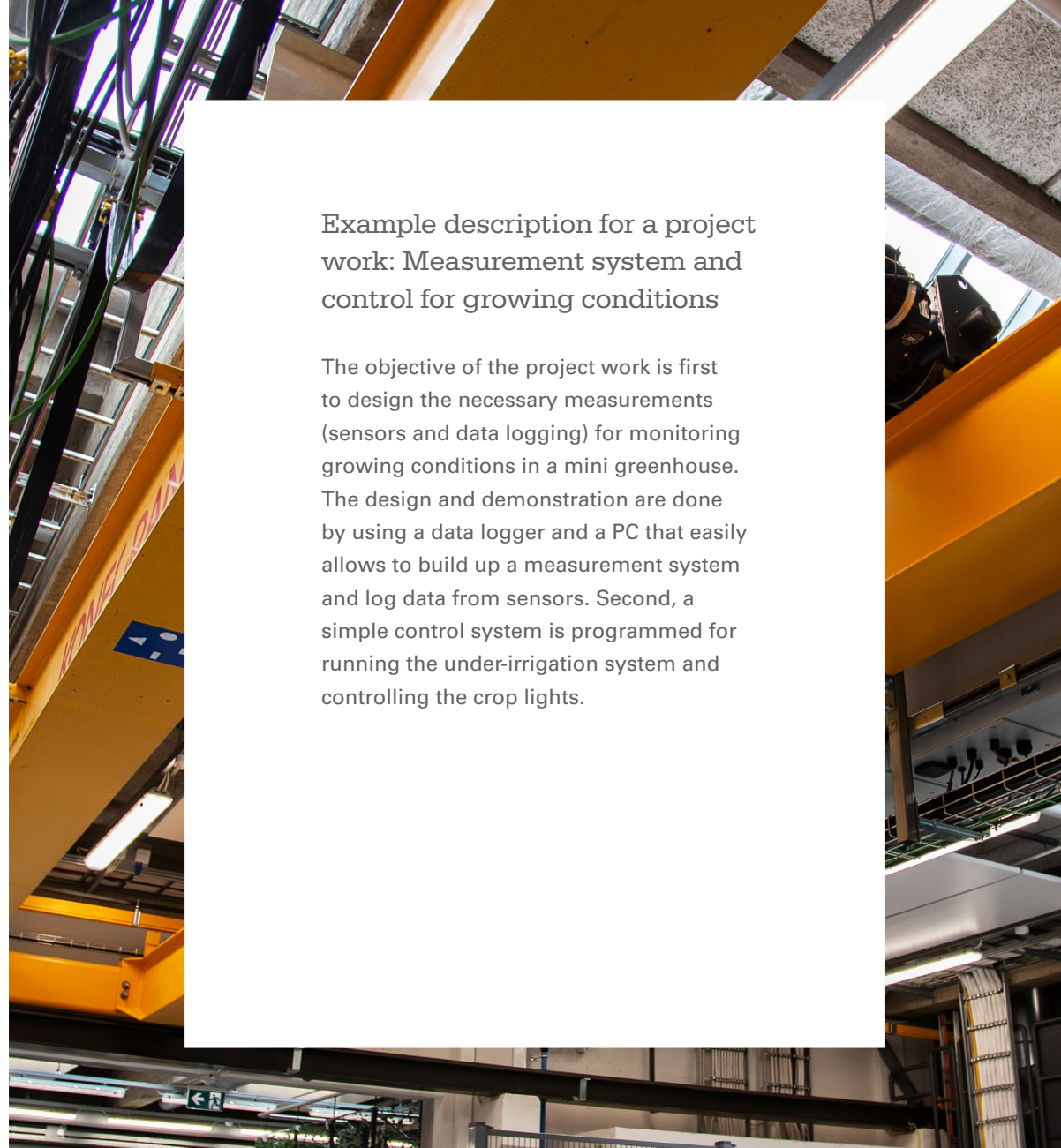
Picture 2. Development of a mini greenhouse for digital farming education. Photographer: Antti Lajunen.

Self-learning materials

One of the main and important idea of the DigiFarm learning environment and the X-Garage concept in general would be the students' ability to use the learning environment independently as much as possible. This was not possible during the project and with the pilot group of students, but it was recognized that a set of self-learning materials is required for students having enough basic knowledge to independently work in the DigiFarm. During the project, materials were collected from the main topics related to agricultural automation and robotics as well as digitalization in general. Based on the collected materials, a set of self-learning materials were done in the Moodle system of the university. Moodle is a system that runs on a web browser and provides different tools for creating learning materials. It is typically used as a managing tool for courses as it provides an easy way of distributing educational materials, generating exercise and quizzes, monitoring students' advancements, collecting study reports and giving feedback for students.

Example description for a project work: Measurement system and control for growing conditions

The objective of the project work is first to design the necessary measurements (sensors and data logging) for monitoring growing conditions in a mini greenhouse. The design and demonstration are done by using a data logger and a PC that easily allows to build up a measurement system and log data from sensors. Second, a simple control system is programmed for running the under-irrigation system and controlling the crop lights.



References

- B. Basso, & J. Antle, 2020. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, vol. 3: 254–256.
- A. Bechar, & C. Vigneault, 2016. Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, vol. 149, no. 1: 94–111.
- Saad, M.H.M., Hamdan, N.M., & Sarker, M.R. 2021. State of the Art of Urban Smart Vertical Farming Automation System: Advanced Topologies, Issues and Recommendations. *Electronics*, 10, 1422.

Petri Makkonen

Menetelmät ja ohjelmisto tulevaisuuden heikkojen signaalien tunnistamiseen

HEIKOT SIGNAALIT OVAT HIENOVARAISIA, EPÄSELVIÄ TAI HÄMÄRIÄ MERKKEJÄ MUUTOKSISTA, JOTKA SAATTAVAT VAIKUTTA YRITYKSEN TOIMINTAAN, MARKKINOIHIN TAI YMPÄRISTÖÖN.

DigiTally-hankkeen tavoitteena oli kehittää digitaalisia koulutussisältöjä tulevaisuuden osaamistarpeisiin. Tärkeä osa koulutussisältöjen kehittämistä on kyetä ennakoimaan, millaisia osaamistarpeita tulevaisuudessa on. Tässä artikkelissa keskitytään menetelmiin, joilla tulevaisuuden osaamistarpeita voidaan tunnistaa niin sanottujen heikkojen signaalien aikaisen tunnistamisen avulla laskemalla uusien trendisarjojen esiintymistäajuuden yleistymistä. Loppuosassa artikkelia kuvataan tähän tarkoitukseen kehitettävän ohjelmiston toimintaperiaatetta.

Heikot signaalit ovat liiketoiminnassa tavanomaisen suuren markkinoiden tuote- ja palvelutarjonnan kohinan alapuolella vielä havaitsemattomissa olevia heikkoja merkkejä tarjonta- ja liiketoimintamahdollisuuksista, jotka ovat kuitenkin nousemassa esiintymistäajuudeltaan yleisemmiksi ja kohinan yläpuolelle mahdollisiksi uusiksi tähdiksi. Artikkelissa tarkastellaan yhtä koneellisen tekstinkäsittelyn menetelmää, massiivisten tekstiaineistojen sanastojen esiintymistäajuusanalyysiä, TF-IDF-menetelmää, jolla voitaisiin koneellisesti mittaamalla tutkia uusien termien ja käsitteyhdistelmien ilmaantumista ja

yleistymistä. Lisäksi siinä avataan, kuinka heikkojen signaalien tunnistamisen kokeellisen osuuden algoritmia ja ohjelmistoa on kehitetty.

Heikot signaalit

Heikkojen signaalien tunnistaminen on ennakkoinnin ja strategisen suunnittelun menetelmä, joka auttaa yrityksiä ja organisaatioita tunnistamaan uusia mahdollisuuksia, innovaatioita ja uhkia ennen kuin ne tulevat ilmeisiksi tai laajalle levinneiksi. Heikkojen signaalien tunnistaminen liiketoiminta-alueilla perustuu systemaattiseen tiedon keräämiseen eri lähteistä ja aineistojen analysointiin sekä intuitioon ja luovaan ajatteluun.

Heikot signaalit ovat hienovaraisia, epäselviä tai hämäriä merkkejä muutoksista, jotka saattavat vaikuttaa yrityksen toimintaan, markkinoihin tai ympäristöön. Ilmaantumisensa aikana ne ovat usein merkkejä uusista trendeistä, teknologioista tai toimintatavoista, jotka voivat tarjota merkittäviä liiketoimintamahdollisuuksia tai -riskejä.

VILLIT KORTIT
ODOTTAMATTOMIA, NOPEITA JA SUURIVAIKUTTEISIA TAPAHTUMIA



Heikkojen signaalien ominaisuuksia ovat:

- ▶ Uutuus: heikko signaali on merkki uudesta asiasta tai vanhan asian uudesta puolesta.
- ▶ Yllättävyys: heikko signaali on tulkit-sijalleen yllättävä.
- ▶ Haastavuus: heikko signaali pakot-taa haastamaan oletuksia nykyises-tä, ja siksi se on usein vaikea huo-mata tai helppo jättää huomiotta.

Heikkojen signaalien tunnistaminen on yksi tärkeimmistä strategisista kyvyk-kyyksistä organisaatioille, jotka pyrki-vät navigoimaan jatkuvasti muuttuvassa liiketoimintaympäristössä.

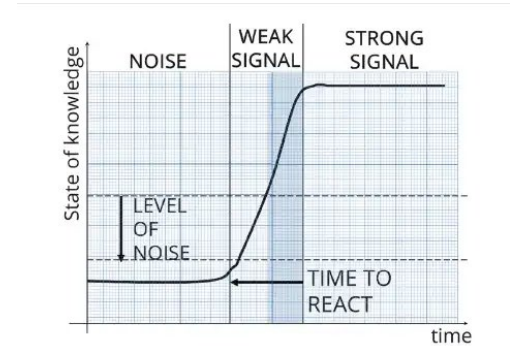
Heikkojen signaalien tunnistaminen

Heikkojen signaalien tunnistaminen pe-rustuu kolmeen periaatteeseen: sensitiivisyyteen, avoimuuteen ja luovuuteen. Sensitiivisyys tarkoittaa herkkyyttä havaita pieniä muutoksia ympäristössä. Avoimuus viittaa valmiuteen hylätä vanhat oletukset ja ajattelumallit. Luovuus edellyttää kykyä kehittää uusia näkökulmia ja ideoita tunnis-tettujen heikkojen signaalien pohjalta.

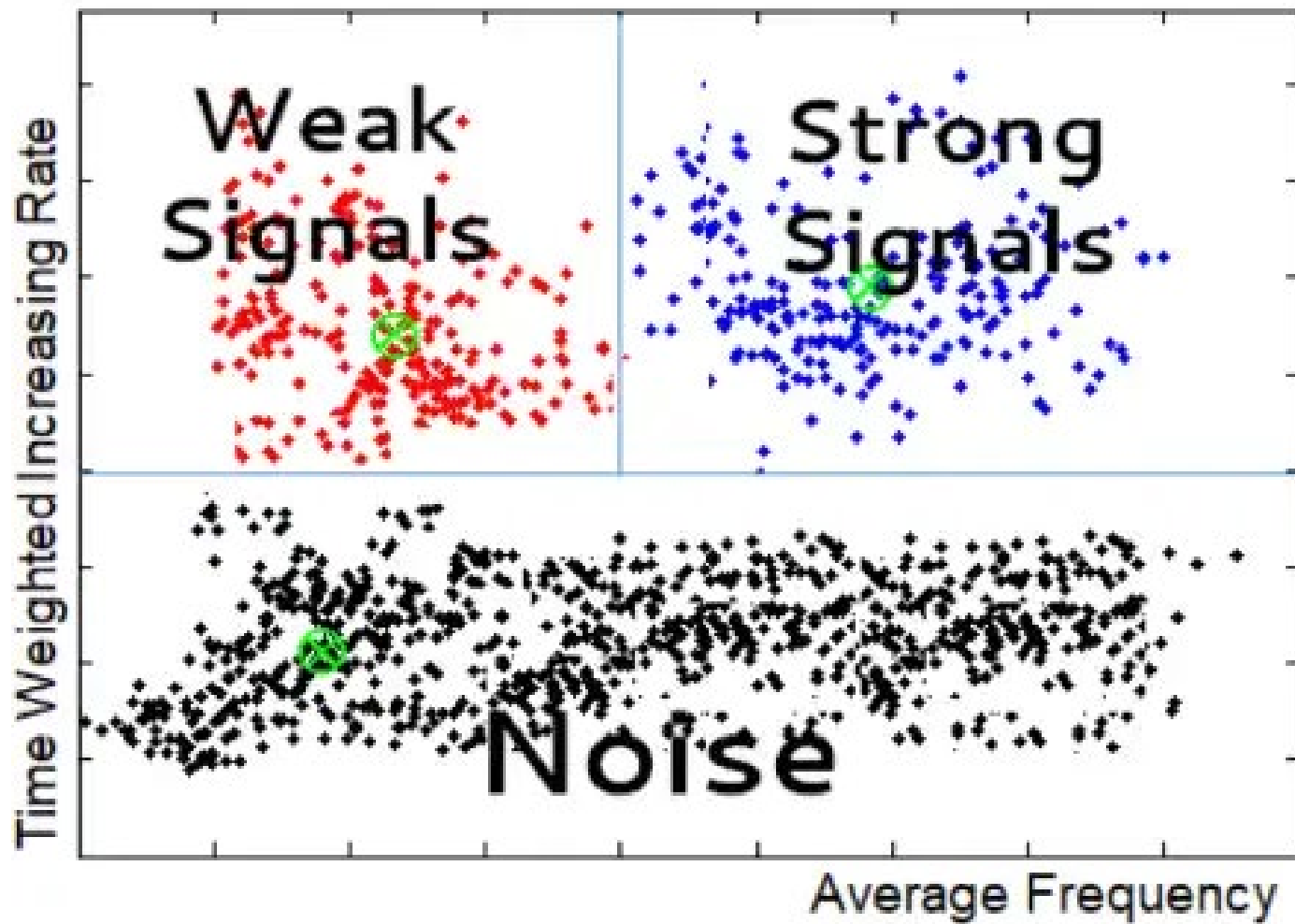
[Kuvan 2](#) nopeasti ajan funktiona kasva-vaa frekvenssiä voidaan tarkastella myös “Poincare”-tasossa, eli kaaviossa, jossa abskissana on signaalin frekvenssi ja ordi-naattana frekvenssin kasvunopeus. Tällöin mielenkiintoiset signaalit ovat niitä, jotka ovat vasta nousemassa kohinatasolle, mut-ta joiden kasvunopeus on kova, [kuva 3](#).

Heikkojen signaalien
hyödyntämisprosessi

Tekstianalyysi on tehokas menetelmä heikkojen signaalien tunnistamiseksi. Tekstianalyysi auttaa arvioimaan laajoja tietomääriä ja tunnistamaan heikkoja sig-naaleja uusina iskusanoina tai ytimekkäi-nä käsitelauseina, jotka yleistyvät markki-nointikäsitteiksi. Markkinointikäsitteet ovat kuitenkin vain osa ilmiötä. Heikkojen sig-naalien koko hyödyntämisprosessi tulkinta mukaan lukien ei voi olla kokonaan auto-maattinen, vaan tarvitaan myös tulkintaa, joka on käsityötä. Koska heikkojen signaali-en tunnistaminen on kilpailutekijä, jolla yri-tetään saada arvoa ilmiön tunnistamisesta kilpailijoita nopeammin, on hyödyntämisen aikaikkuna hyvin pieni, [kuva 2](#).



Kuva 2. Heikkojen signaalien hyödyntämisen aikaikkuna ennen julkiseksi tulemistä (Griol-Barres, 2020).



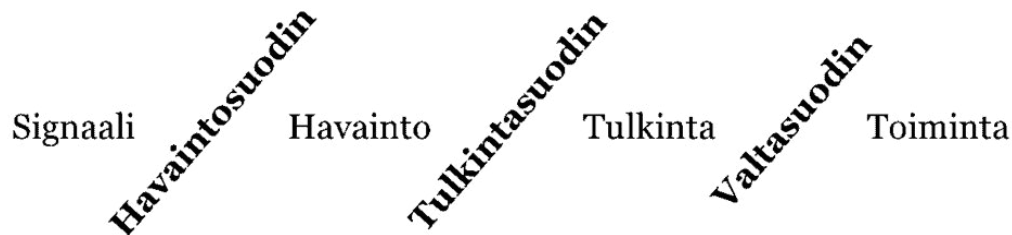
Kuva 3. Heikot nopeasti kasvavat signaalit (punainen), kypsät näkyvät signaalit (sininen), ja kohina (musta) (Griol-Barres, 2020).

Mekaanisalgoritmisen tekstinkäsittelyn lisäksi heikkojen signaalien käsittely vaatii aina tulkintaa. Hiltusen (Hiltunen, 2008) menetelmällä heikkojen signaalien mallintaminen on kolmivaiheinen prosessi: toiminta määrittyy kolmen aiemman ulottuvuuden filterin läpi, ja siihen kuuluu signaalin käsittely, havainnon frekvenssien laskenta ja löydettyjen avainsanojen ja -ryhmien merkityksen tulkinta, [kuva 4](#).

Menetelmät heikkojen signaalien tekstianalyysissä

Heikkojen signaalien tunnistamisen periaatteet:

1. Tiedon kerääminen: Heikkojen signaalien tunnistaminen edellyttää laaja-alaisen ja monipuolisen tiedon keräämistä eri lähteistä, kuten uutisista, sosiaalisesta mediasta, tiedeellisistä julkaisuista, raporteista ja patenttihakemuksista.
2. Signaalien suodatus ja priorisointi: Kerätyn tiedon joukosta on tärkeää tunnistaa ja erottaa merkitykselliset heikot signaalit kohinasta. Tämä voi vaatia alustavaa analyysia, jotta voidaan tunnistaa yleiset teemat, tren-



Kuva 4. Heikkojen signaalien tunnistamisprosessi ja hyödyntämisen aikaikkuna Hiltusen mukaan (Hiltunen, 2008).

- dit tai kuviot.
3. Analyysi ja tulkinta: Heikkojen signaalien analysoinnissa ja tulkinnassa on hyödynnettävä sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia menetelmiä. Tämä voi sisältää tilastollisen analyysin, tekstin- ja data-louhinnan, visuaalisen analyysin ja asiantuntijoiden arviot.
4. Toimintaan soveltaminen: Tunnistettujen heikkojen signaalien tulee vaikuttaa yrityksen strategiaan, innovaatioon ja päätöksentekoon.

Tämä voi tarkoittaa uusien tuotteiden kehittämistä, markkinoille pääsyn strategioita, kumppanuuksia tai investointeja.

Tekstianalyysi ja frekvenssianalyysi ovat hyödyllisiä työkaluja heikkojen signaalien tunnistamiseksi ja analysoimiseksi. Tekstianalyysi auttaa tunnistamaan ja luokittelemaan kerättyä tietoa. Tiettyjen ammattitermien ja käsitteiden sekä niiden klustereiden yleistymisen ajan kuluessa

auttaa tunnistamaan alkavia uusia heikkoja signaaleja. Frekvenssianalyysi on kuitenkin vaativa menetelmä: harvinaisten uusien käsitteiden frekvenssi on hyvin alhainen, usein vain yksi miljoonasta sanasta. Tekstianalyysi vaatii sen vuoksi erittäin suuret aineistot toimiakseen. Voidaan lähtökohtaisesti päätellä, että merkityksellisiä tuloksia alkaa muodostua vasta kun tutkittavia artikkeleita on kymmeniä tuhansia. Tämä tarkoittaa, että halutulta kiinnostavalta alalta on syytä kerätä kaikki sähköisesti saatavilla oleva aineisto.

NLP-menetelmä

DigiTally-hankkeessa pyritään kehittämään automaattinen menetelmä ja NLP-prosessi (Natural Language Processing), jolla voidaan tunnistaa työpaikkailmoituksissa ja muissa lähteissä olevia aineistoja, esimerkiksi pdf-muotoisia tieteellisiä artikkeleita.

Uusien käsitteiden ja niiden ryhmien tunnistaminen perustuu monivaiheiseen tekstinkäsittelyprosessiin, jossa massiivisia aineistoja käsitellään ”linux-filosofian” mukaisina merkkijonoprosesseina. Siinä voidaan käyttää paitsi avoimia

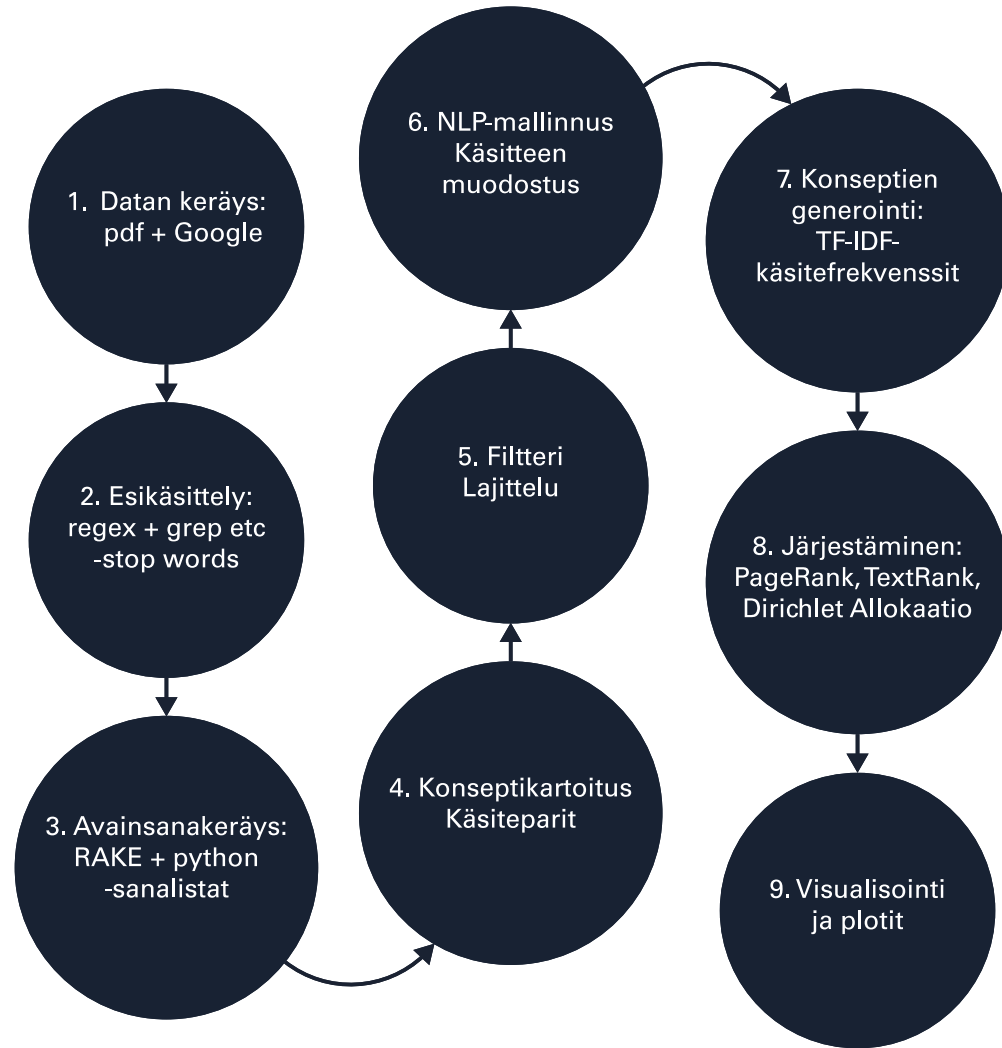
valmisohjelmistoja, myös käyttöjärjestelmätason pieniä työkaluja, kuten linux-putkityökaluja ja esimerkiksi grep-ohjelmaa apuna.

Toimintaperiaate

Keräämällä artikkeleita ja tekstiaineistoja eri lähteistä tietyltä aihealueelta mahdollisimman kattavasti ja samalla rekisteröimällä niiden aikaleima voidaan tunnistaa sanan tai käsiterykelmän esiintymistiheys pi(t) tekstimassassa ajan t funktiona. TF-IDF-menetelmän hankaluutena on kuitenkin se, että uuden ilmiön ollessa erittäin harvinaisen ja kohinatason alapuolella sanat ovat hyvin harvat, yksi miljoonasosaluokkaa. Käsitteet ja uudet esille tulevat ilmiöt ovat kuitenkin yhteydessä toisiinsa, esimerkiksi 1980-luvun slogan ”Kasinotalous” on yhdyssana, tai käsitteellisesti kahden nominin sanapari, kuten myös esimerkiksi ”ilmas-tonmuutos”. Usein yksittäisten ilmestyvien käsitteiden yhdistelmä nousee kuitenkin yhtä aikaa, jolloin harvojen yhtä aikaa nousussa olevien käsitteiden tunnistaminen ryhmänä on helpompaa kuin yksittäisten sanojen frekvenssin kasvun tunnistaminen ajan myötä.

Käsitteen tunnistaminen prosessi

[Kuvassa 5](#) esitetään ohjelmassa käytettävä NLP (Natural Language Processing) -pipeline-prosessi, joka hyödyntää Linuxin pieniä työkaluja tiedonhaun ja heikon signaalin tunnistamisen toteuttamiseen aineistossa. Pipelineen sisältyy useita vaiheita, jotka käsittelevät datan hankintaa, esikäsittelyä, avainsanojen ja käsitteiden eristämistä sekä lopullisten tulosten visualisointia. Tiedostot ovat .s-päätteisiä skriptejä, mutta niiden sisältöä ei esitetä tässä.



Kuva 5. Tutkimuksessa kehitettävän ohjelmiston tekstinvirran pipeline-prosesi.

Pipeline-prosessi

Vaihe 1: Aineiston hankinta

Pipeline alkaa tieteellisten artikkelien kokoelmasta, joka on tallennettu pdf-muodossa. Pdf-tiedostot muunnetaan tekstiksi pdf2txt-työkalulla, jotta niitä voidaan käsitellä jatkossa.

Convert data

```
List_of_pdf | pdf2txt > papers/DB_plain_text.txt
```

Vaihe 2: Esikäsittely

Tekstidatat käydään läpi esikäsittelyvaiheessa, jossa poistetaan pysäytys-sanat, suoritetaan sanamuotojen yhtenäistäminen ja muutetaan kaikki teksti pieniksi kirjaimiksi. Pysäytyssanat ovat yleisiä deskriptiivisiä kielen välisanoja, "kuten", "ehkä" jne. Koska järjestelmä toimii kahdella kielellä, sanastot joudutaan myöhemmin kehittämään molemmille

kielille. Tätä varten käytetään Unixin grep-, sed- ja tr-työkaluja. Tuloksiksi syntyy tietokanta metatiedoista, kuten julkaisija ja vuosi, abstrakteista, menetelmistä ja tuloksista.

Preprocessing script

```
preprocess.s papers/DB_plain_text.txt | rm_stopwords > papers/DB_terms_text.txt
```

Vaihe 3: Avainsanojen eristäminen artikkelien otsikoista

Artikkeleiden otsikoista eristetään lauseet, jotka päättyvät pisteeseen. Tämä tehdään Unixin xargs-työkalun avulla, joka yhdistää kaikki tiedoston rivit yhdeksi tekstiksi, ja sitten käytetään cat-komentoa, joka tulostaa tiedoston sisällön.

```
xargs cat papers/title.txt > enumerated_directory_of_papers/title_statements.txt
```

Vaihe 4: Avainsanojen eristäminen artikkeleista

Tämän vaiheen tavoitteena on eristää artikkeleista avainsanoja, joita voidaan käyttää heikkojen signaalien tunnistamiseen. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää esimerkiksi RAKE (Rapid Automatic Keyword Extraction) -työkalua, joka pystyy tunnistamaan tärkeitä avainsanoja.

```
cat papers/title_statements.txt papers/paper*.txt | \
```

```
xargs echo | sed -e 's/[[:punct:]]*$//' -e 's/^[[:punct:]]*/' | grep '[a-zA-Z]' | parse_keywords > keyword_list.txt
```

Vaihe 5: Tärkeiden artikkelien hakeminen

Eristettyjen avainsanojen avulla haetaan relevantteja artikkeleita. Tätä varten voidaan käyttää tiedonhakujärjestelmiä, kuten Elasticsearch, joka tarjoaa tehokkaan tavan indeksoida ja etsiä tietoa suuresta määrästä dokumentteja.

```
grep -i -f keyword_list.txt enumerated_
directory_of_papers/paper*.txt > relevant_
articles.txt
```

Vaihe 6: Luonnollisen kielen käsittely

Relevanttien artikkelien teksti käsitellään luonnollisen kielen käsittelytekniikoilla, kuten nimettyjen yksiköiden tunnistamisella, sanaluokkien tunnistamisella ja riippuvuusanalyysillä. Tämä auttaa eristämään tärkeitä tietoja artikkeleista.

```
cat relevant_articles.txt | natural_language_
processing > extracted_information.txt
```

Vaihe 7: Käsitteen muodostaminen

Käsitteiden muodostamisessa yhdistetään käsiteltyä tietoa ja etsitään uusia käsitteitä. Tätä voidaan tehdä esimerkiksi samanaikaisten esiintymien analyysin, klusteroinnin tai aiheen mallinnuksen avulla.

```
extracted_information.txt | concept_
mapping > generated_concepts.txt
```

Vaihe 8: Käsitteiden arviointi ja järjestäminen

Generoidut käsitteet arvioidaan ja järjestetään niiden relevanssin ja tärkeyden perusteella. Tähän voi käyttää erilaisia menetelmiä, kuten PageRank-algoritmia, TextRank-algoritmia tai Latent Dirichlet Allocation (LDA) -mallinnusta.

```
generated_concepts.txt | ranking_and_
scoring > ranked_concepts.txt
```

Vaihe 9: Tulosten visualisointi

Lopuksi järjestetyt käsitteet visualisoidaan, jotta tuloksia voidaan helpommin tulkita. Tähän voidaan käyttää visualisointityökaluna integraatiota Octave-ohjelmaan, joka tukee myös tehokkaasti matriisilaskentaa.

```
Visualization.m <ranked_concepts.txt
>final_results
```

Menetelmän kehitystyössä saavutetut tulokset

Hankkeessa tutustuttiin heikkojen signaalien käytön mahdollisuuksiin liiketoiminnassa ja selvitettiin mitä eri tekniikoita on mahdollista käyttää. Kokeellisessa osassa menetelmäksi valittiin TF-IDF-menetelmä (Term Frequency-Inverse Document Frequency) automaattiseen heikkojen signaalien muotojen (patterns; siis sanaryhmien taajuuksien) havaitsemiseen. TF-IDF-menetelmistä tunnetaan muun muassa sanapilvien muodostaminen, mutta varsinainen kontekstuaalisti heikosti esiinnousevien merkityksellisten signaalien esiinottaminen vaatii määrällisten semanttisten sanaverkkojen muodostamista. Tällöin sanaharvuudet samanaikaisten sanojen esiintymisen löytämiseksi tulevat erittäin harvoiksi, ja vaaditaan paljon saatavilla olevaa suurempia tekstimassoja. Hankkeessa erityisenä haasteena oli ilmiöllisesti riittävän ja relevantin datan saatavuus, esimerkiksi yrityksistä ja työpaikoista saatavat aineistot olivat suppeita, ja kaupalliset toimijat eivät ole halukkaita luovuttamaan omista maansa dataa, jolla on myyntiarvo. Toinen hankkeen etenemistä rajoittanut tekijä oli

keskittyminen alunperin numeerisiin tekniikoihin, jotka eivät ole kovin käyttökelpoisia tekstiaineistojen kontekstuaalisissa analyyseissä, mutta erittäin käyttökelpoisia esimerkiksi taloudellisten heikkojen signaalien tunnistamisessa muun muassa markkinadatasta.

Hankkeen kokeellisessa osassa jouduttiin niukoilla resursseilla ohjelmoimaan nopeilla linuxin niin kutsutuilla pienillä työkaluilla (cat, grep jne.) prototyyppi prosessille tekstimassan TF-IDF-frekvenssien laskentaa varten. Siinä menetelmän haasteena oli merkityksellisten termien esiintymisen harvuus, usein miljoonasosien fraktiolla, mikä vaatii erittäin suuria tekstimassoja heikkojen signaalien havaitsemiseksi. Edelleen dokumenttien metatiedot, kuten päiväys, esiintyivät aineistoissa liian harvoin, jotta signaalien aikariippuvuus tai sen derivaatat, nousunopeus, saataisiin riittävän tarkasti esiin logististen tai Poincare-karttojen aikaansaamiseksi.

Näin ollen voidaan todeta, että TF-IDF-tyyppiset menetelmät eivät välttämättä käytännössä toimi Suomen kaltaisella pienellä kielialueella, niin että olisi mahdollista

luoda merkityksellisesti riittävän selkeä kuva hyvin heterogeenisten kirjoittajien, kuten työhakijoiden tai työnantajien HR-aineistot, tuottamista tekstiaineistoista. Vaikka aineistot ovatkin periaatteessa puolirakenteisia, niiden heterogeenisuus on usein liian suuri. Automaattisilla menetelmillä on vaikea tunnistaa, millainen olisi tuleva heikon signaalin ilmiökokonaisuus semanttisesti, ja vastaavasti kansainvälisläkin markkinoilla menetelmän resoluutio on heikko, elleivät tekstimassat ole toistuvasti riittävän samankaltaisia rakenteeltaan ja sisällä säännöllistä toistuvaa metatietoa. Menetelmän vahvuutena on kuitenkin objektiivinen kvantitatiivisuus.

Niinpä heikkojen signaalien louhiminen vakioidummista puolirakenteisista aineistoista, kuten massiivisesta tieteellisestä artikkelikirjallisuudesta, joka on säännöllisesti toistuvasti IMRAD-muotoista ja sisältää alan yleensä vakioidut sanastot, sanakirjat ja terminologiat, on hyvinkin toimivaa ja auttaisi tutkijoita omien henkilökohtaisten Special Interest Group (SIG) -tyyppisten tai oman tutkimusalan kirjallisuuden nousevien termien ja ilmiöiden kvantitatiivisessa analyysissä. Voidaan melko turvallisesti

todeta, että tässä tutkimuksessa kokeiltuja ja kehitettyjä menetelmiä kannattaa käyttää nimenomaan yritysten uusien mahdollisuuksien tunnistamiseen nousevien teknologioiden alueella tai avaintutkimusten tunnistamiseen tieteellisistä aineistoista, silloin kun perustutkimusta löytyy, mutta kaikkia sovelluksia ei vielä välttämättä ole löydetty.

Hiljattain kehittyneet syvälliseen tekstianalyysiin pohjautuvat kielioppimallit, kuten ChatGPT, pystyvät prosessoimaan tekstiaineistoja varsin syvällisesti, mutta ne ovat laskennallisesti hyvin hitaita, ja suurempien aineistojen käsittely ei vielä onnistu. Samalla mallit ovat hyvin vaikeasti sisällöllisesti validoitavissa ja subjektiivisuus, jota on vaikea arvioida, tulee voimakkaasti esiin.

Niinpä paras workflow tämänkaltaisessa tutkimuksessa uusilla haltuun otettavilla alueilla on aloittaa kokonaisten aineistojen kvantitatiivisella louhinnalla muun muassa TF-IDF-tyyppisillä analyyseillä ja työkaluilla. Osansa on myös käsiteverkkojen nousevien osien mallinnuksella ja parhaimpien tutkimusten filtteröinnillä ja lopulta näissä

analyyseissä nousseiden uusien ilmiöiden iteratiivisella uudelleen käsittelyllä ja parhaimpien artikkelien filtteröinnillä ja jatkokäsittelyllä esimerkiksi interaktiivisesti ChatGPT:n kanssa yhdessä työskennellen.

Päätetään yhteenveto tekstianalyysistä anekdoottiin. Kirjoittajalle nousi lopussa hiljainen subjektiivinen ”tunne”, että analyysin älykkyyden kasvaessa järjestelmän ”motivaatio” laskennan raskauden vuoksi pienenee. Syynä lienee luonnollisesti työläys. Testatessaan ChatGPT:n kanssa tällaista workflow:ta kirjoittaja pyysi ChatGPT:tä erittelemään itsearvion siitä (Huom: Turing Entscheidungsproblem, esim. Kerttu, 2009), kuinka suuria olisivat suurimmat kerralla analysoitavissa olevat tekstiaineistot. Chatin looginen vastaus vapaamuotoisesti kerrottuna oli luokkaa: ’Minut on suunniteltu syvälliseen raskaaseen tekstianalyysiin. Tuollaisia asioita varten on tietokoneohjelmat, käytä niitä! Minä voin kyllä mielelläni auttaa sinua siinä.’ Chat on asiantuntija.

Lähteet

Ansoff, H. I. 1975. Managing Strategic Surprise by Response to Weak Signals. California Management Review 18(2): 21–33.

Griol-Barres, I.; Milla, S.; Cebrián, A.; Fan, H.; Millet, J. 2020. Detecting Weak Signals of the Future: A System Implementation Based on Text Mining and Natural Language Processing. Sustainability, 12, 7848. <https://doi.org/10.3390/su12197848>

Hiltunen, E. 2008. The future sign and its three dimensions. Futures 40(3): 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2007.08.021>.

Krigsholm, P. & Riekkinen, K. 2019. Applying Text Mining for Identifying Future Signals of Land, Land 8 (12): 181.

Moilanen, K. 2009. Laskettavuudesta. Pro Gradu -tutkiema. Tampereen yliopisto, Matematiikan ja tilastotieteen laitos.

Julkaisun kirjoittajien esittelyt



Juuso Autiosalo: TkT, Tutkija, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

Pejman Habibiroudkenar: DI, Tohtorikandidaatti, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

Pekka Juutilainen: Insinööri, Kone- ja tuotantotekniikan opettaja, Omnia

Tero Karttiala: Insinööri YAMK, Lehtori, Ajoneuvo- ja konetekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Aarne Klemetti: DI, Tutkijaopettaja, ICT ja tuotantotalous, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Antti Lajunen: TkT, Apulaisprofessori, Maatalousteknologia, Helsingin yliopisto

Jie Li: TkT, Tutkija, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

Esko Lius: FM, Digioppimisen erityisasiantuntija, Projektipäällikkö, Omnia

Petri Makkonen: TkT, Vanhempi tutkija, Ajoneuvo- ja konetekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Laura Matikainen: Kulttuurituottaja AMK, Projektiasiantuntija, Ajoneuvo- ja konetekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Aleksi Pippuri: TkK, Tutkimusapulainen, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

Juha Porvali: DI, Projektipäällikkö, Ajoneuvo- ja konetekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Juha Rautamies: Insinööri YAMK, Kone- ja tuotantotekniikan opettaja, Omnia

Vaibhav Tanaji Shinde: TkK, Tutkimusapulainen, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

William Skog: TkK, Tutkimusapulainen, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

Kari Tammi: TkT, Dekaanin avustaja, Insinöörityö- ja konetekniikan opettaja, Apulaisprofessori, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

Jari Vepsäläinen: TkT, Apulaisprofessori, Konetekniikka, Aalto-yliopisto

