

# **Tekoälyn hyödyntäminen Ammattiopisto Tavastian ohjausresurssien kohdentamisessa**

Piia Sinisalo

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2023

Dataosaamisen ja tekoälyn ylempi tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Dataosaamisen ja tekoälyn ylempi tutkinto-ohjelma

SINISALO, PIIA:

Tekoälyn hyödyntäminen Ammattiopisto Tavastian ohjausresurssien kohdentamisessa

Opinnäytetyö 36 sivua  
Toukokuu 2023

---

Työn tavoitteena oli selvittää, voiko toisen asteen oppilaitoksen ohjausresurssien kohdentamiseen hyödyntää tekoälyä. Toimeksiantajana oli Koulutuskuntayhtymä Tavastiaan kuuluva Ammattiopisto Tavastia. Tutkimukseen tarvittava data saatiin Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallintojärjestelmästä. Tutkimuksessa koulutettiin kolme koneoppimismallia. Tarkoituksena oli saada ennuste siitä, tuleeko opiskelija valmistumaan vai eroamaan.

Työssä kerrotaan toimeksiantajasta ja toisen asteen koulutusta ohjaavista laeista ja määräyksistä, jotka raamittavat opiskelijoiden ohjaamista. Työssä on myös katsaus siihen, millaista tutkimusta Suomessa on tähän aiheeseen liittyen viime vuosina tehty. Tarkemmin käsitellään, millaista dataa koneoppimismallien kouluttamiseen poimittiin ja miten sitä esikäsiteltiin. Tekoälyn hyödyntämiseen liittyen on kuvattu kolmen eri koneoppimisalgoritmin opettaminen ja niistä saatujen mallien avulla toteutettu eroamisen tai valmistumisen ennustaminen.

Koneoppimismallin avulla laskettua ennustetta hyödynnettiin Ammattiopisto Tavastialle tehdyssä PowerBI-näkymässä, jonka avulla oppilaitoksen ohjaushenkilöstö voi tulkita läsnä olevien opiskelijoiden tilannetta opintojen etenemiseen liittyen. Laskettu ennuste on lineaarinen luku välillä 0–1, jossa 0 tarkoittaa todennäköistä eroamista ja 1 todennäköistä valmistumista. Vastaako tuotettu näkymä Ammattiopisto Tavastian tarpeeseen, jää tulevaisuudessa nähtäväksi. Lasketun ennusteen toivotaan kohdistavan ohjausta ensisijaisesti niille opiskelijoille, joiden ennuste osoittaa todennäköisyyttä, että opiskelija ei tule valmistumaan.

---

Asiasanat: tekoäly, toinen aste, opinto-ohjaus, algoritmi, ennustaminen

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Data Expertise and Artificial Intelligence

SINISALO, PIIA:

Utilisation of Artificial Intelligence in Targeting the Guidance Resources in Tavastia Vocational College

Master's thesis 36 pages

May 2023

---

The aim of this thesis was to determine whether artificial intelligence can assist in targeting guidance resources in a vocational college. The client for this study was Tavastia Vocational College.

This thesis report introduces the client and the regulations that govern student guidance in a vocational school in Finland. It also provides an overview of research conducted in Finland on this topic in recent years. In more detail, this thesis report presents a description of the data used to train the artificial intelligence algorithms and a description of the predictions made using the models derived from them. The aim was to predict whether a student is likely to graduate or drop out from their studies.

To support student counselling purposes, a Microsoft PowerBI view was created, which utilizes data from Tavastia Vocational College and presents the status predicted by artificial intelligence. It remains to be seen whether the PowerBI view meets the needs of Tavastia Vocational College. The intended outcome is for the predicted status to target guidance towards those students whose studies have not progressed.

---

Key words: artificial intelligence, vocational school, student counselling

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	TYÖN TAUSTATIEDOT .....	7
2.1	Koulutuskuntayhtymä Tavastia .....	7
2.2	Valtakunnalliset ohjauksen linjaukset .....	10
2.2.1	Suomen hallitus ja valtioneuvosto .....	10
2.2.2	Lait ja suositukset .....	10
2.2.3	Oppimisanalytiikan viitekehys .....	12
3	TEKOÄLY TOISEN ASTEEN OPISKELIJAN OHJAUKSESSA .....	14
4	DATAN MÄÄRITTELY, KERÄÄMINEN JA ESIKÄSITTELY .....	17
4.1	Datan määrittely .....	17
4.2	Datan kerääminen ja esikäsittely .....	18
5	TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMINEN .....	21
5.1	Teknisen ympäristön kuvaus .....	21
5.2	Koneoppiminen .....	21
5.2.1	Neuroverkko .....	23
5.2.2	Päätöspuu .....	25
5.2.3	Random forest .....	27
5.3	Ennustaminen .....	28
6	NÄKYMÄN TOTEUTTAMINEN .....	30
7	POHDINTA .....	33
	LÄHTEET .....	35

## 1 JOHDANTO

Elokuussa 2021 tuli Suomessa voimaan laajennettu oppivelvollisuus. Toisen asteen koulutuksenjärjestäjät ovat velvollisia valvomaan, että oppivelvolliset käyvät koulua tai ovat jonkin oppivelvollisille kuuluvan palvelun piirissä. Myös muiden kuin oppivelvollisten opintojen edistymisen seuranta on tärkeää.

Toisen asteen ammatillisen koulutuksen opiskelijan ohjausta määrittävät oppivelvollisuuslaki, laki ammatillisesta koulutuksesta sekä oppilas- ja opiskelijahuolto-laki. Lisäksi opiskelijan ohjausta säätelee laki tutkintokoulutukseen valmentavasta koulutuksesta, jos oppilaitoksessa tarjotaan myös tutkintokoulutukseen valmentavaa koulutusta.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Ammattiopisto Tavastian rehtori Heini Kujala. Ammattiopisto Tavastia on Koulutuskuntayhtymä Tavastiaan kuuluva monialainen toisen asteen oppilaitos. Sinisalo työskentelee Koulutuskuntayhtymä Tavastian kuntayhtymäpalveluissa opiskelijapalvelut-osastolla opiskelijahallintokoordinaattorina. Opiskelijahallintokoordinaattori toimii opiskelijahallinto-ohjelma Primuksen pääkäyttäjänä sekä Ammattiopisto Tavastiassa että Koulutuskuntayhtymä Tavastiaan kuuluvissa lukioissa.

Ammattiopisto Tavastiaan tulee toisen asteen ammatilliseen koulutukseen opiskelijoita sekä yhteishaun että jatkuvan haun kautta. Uusia opiskelijoita aloittaa viikoittain. Opiskelijat etenevät opinnoissaan yksilöllisesti. Ammattiopisto Tavastiassa haluttiin etenemisen seurantaa kokoavaa tietoa. Tähän tarpeeseen liittyen päätettiin tutkia, pystyykö koneoppimisen keinoin selvittämään tuen tarpeessa olevat opiskelijat.

Opiskelijahallintojärjestelmään kirjautuu opiskelijoista mm. läsnäolot, poissaolot ja myöhästymiset. Myös opintojen etenemisen voi päätellä järjestelmään tallentuvista suoritusmerkinnöistä. Näitä tietoja ja koneoppimista hyödyntäen luotiin toimeksiantajalle näkymä, jonka avulla on tarkoitus löytää ne opiskelijat, joiden opinnot eivät etene. Näkymän avulla pystyttäisiin ottamaan opiskelija ohjauspalvelujen piiriin ennakoivasti ja kohdentamaan opiskelijalle hänen tarvitsemansa

tuki. Työ rajattiin koskemaan Ammattiopisto Tavastian toisen asteen tutkintotavoitteista perustutkintokoulutusta.

Tämän raportin luvussa kaksi kerrotaan ensin taustatietoa toimeksiantajasta ja sen toimintaa säätelevistä määräyksistä. Kolmannessa luvussa työhön on koottu katsaus aiheeseen liittyvään kirjalliseen materiaaliin. Neljäs luku kertoo työssä käytetystä datasta, sen keräämisestä ja käsittelystä. Kolmen koneoppimismallin opettamisesta ja opetetulla mallilla ennustamisesta kerrotaan luvussa viisi. Luvussa kuusi kuvataan PowerBI-näkymän toteuttaminen. Raportin loppuksi, luvussa seitsemän, on yhteen vetävä pohdintaosuus.

## 2 TYÖN TAUSTATIEDOT

### 2.1 Koulutuskuntayhtymä Tavastia

Koulutuskuntayhtymä Tavastia tarjoaa ammatillista ja yleissivistävää koulutusta sekä vapaan sivistystyön koulutusta ja harrastustoimintaa kaikille ikäryhmille. Koulutuskuntayhtymä Tavastian strategiassa määritelty toiminta-ajatus on järjestää laadukasta ammatillista, yleissivistävää ja vapaan sivistystyön koulutusta sekä siihen läheisesti liittyvää kehittämis- ja muuta toimintaa. Toiminta-ajatuksen mukaan Koulutuskuntayhtymä Tavastian oppilaitosten opiskelijat saavat monipuoliset tiedot ja taidot työelämään, jatko-opintoihin ja elinikäiseen oppimiseen. Lisäksi Koulutuskuntayhtymä Tavastian strategian mukaan sen tehtävänä on ylläpitää ja luoda uutta osaamista sekä rakentaa parempaa ja kestävämpää tulevaisuutta. (Strategia n.d.)

Koulutuskuntayhtymä Tavastia on strategiassaan kirjannut seuraavat toimintaansa ohjaavat arvot:

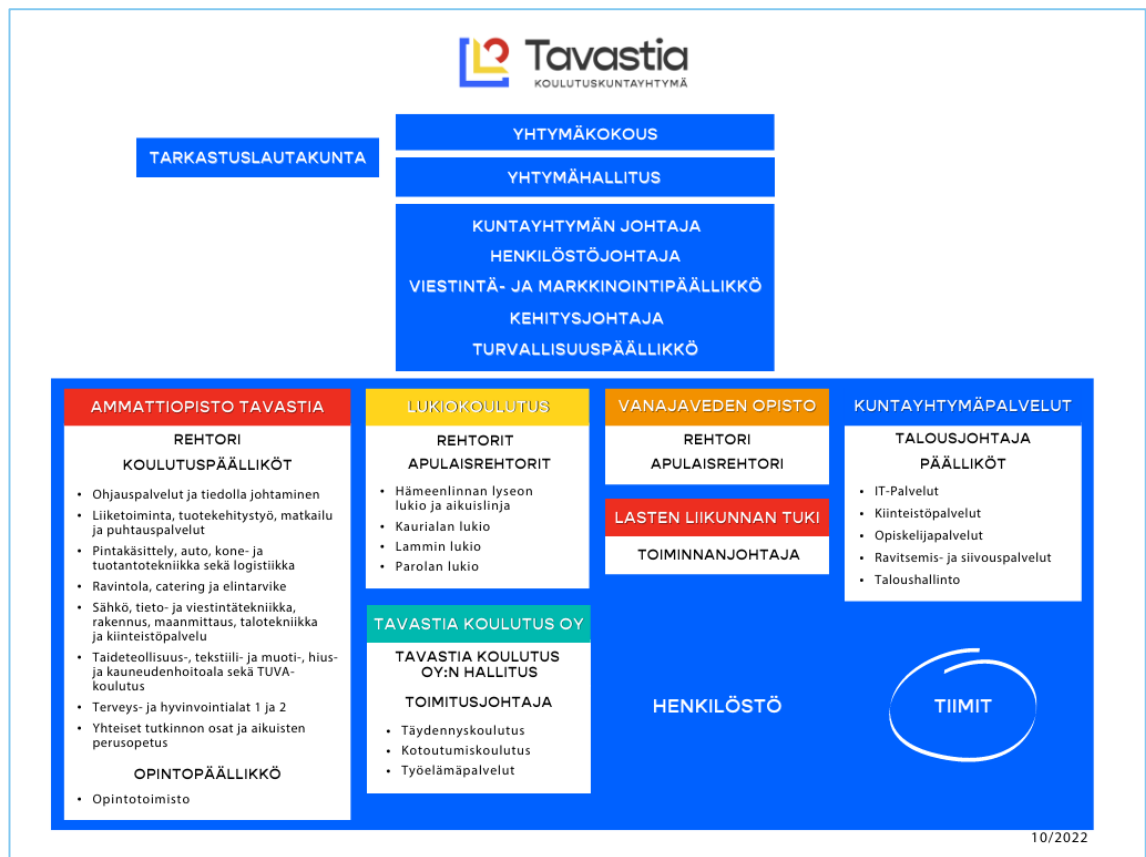
**Vaikuttavuus** on osaamista, hyvinvoinnin tukemista ja elinvoiman kehittämistä

**Vastuullisuus** on välittämistä, turvallisuutta, taloudellisuutta ja kestävää tulevaisuutta

**Kumppanuus** on aktiivista ja huomioivaa monitahoista yhteistyötä, kansainvälisyyttä ja monikulttuurisuutta

**Uskallus** on rohkeutta kokeilla, erehtyä, onnistua ja kehittyä. (Strategia n.d.)

Kuviossa 1 on esitetty Koulutuskuntayhtymä Tavastian organisaatiokaavio. Siitä selviää, että Koulutuskuntayhtymä Tavastiaan kuuluu Ammattiopisto Tavastia sekä lukiokoulutusta antavat neljä lukiota. Lisäksi kuntayhtymä ylläpitää vapaan sivistystyön koulutusta tarjoavaa Vanajaveden opistoa ja Lasten liikunnan tuki -yhdistystä. Koulutuskuntayhtymä Tavastian kuntayhtymäpalvelut koostuvat IT-palveluista, kiinteistöpalveluista, opiskelijapalveluista, ravitsemis- ja siivouspalveluista sekä taloushallinnosta. (Johto ja henkilöstö n.d.)



KUVIO 1. Koulutuskuntayhtymä Tavastian organisaatiokaavio (Johto ja henkilöstö n.d.).

Koulutuskuntayhtymä Tavastian digi- ja teknologiaohjelmaan vuosille 2022–2025 on kirjattu, että digitaalisuutta ja teknologian käyttöä vahvistetaan opetuksessa ja ohjauksessa. Yhdeksi digi- ja teknologiaohjelman tavoitteeksi on määritelty ”opetusteknologian ja digipedagogiikan lisääminen ja hyödyntäminen opetuksessa ja ohjauksessa”. Sen saavuttamisen toimenpiteiksi on määritelty ”oppimisen ja ohjauksen digituen vahvistaminen ja digitaalisten sovellusten tavoitelähtöinen hyödyntäminen” sekä ”datan ja tekoälyn hyödyntäminen oppimisen tukena”. Toinen tavoite, joka tässä on hyvä mainita, on ”digitaalisten ympäristöjen hyödyntäminen kuntayhtymän prosesseissa”. Tämän tavoitteen saavuttamisen toimenpiteinä mainitaan mm. ”digitaalisen tiedonkulun sisäinen hallinta” sekä ”henkilöstön ja opiskelijoiden systemaattinen perehdyttäminen työtä ja opiskelua helpottavien digijärjestelmien käyttöön”. (Digi- ja teknologiaohjelma n.d.)

Ammattiopisto Tavastia on Koulutuskuntayhtymä Tavastiaan kuuluva monialainen ammatillinen oppilaitos. Opetusministeriön Koulutuskuntayhtymä Tavastialle

myöntämän koulutuksen järjestämisluvan mukaisesti Ammattiopisto Tavastiassa voidaan järjestää koulutusta

- 26 perustutkinnossa
- 23 ammattitutkinnossa
- 15 erikoisammattitutkinnossa.

Lisäksi järjestämislupa myöntää luvan järjestää

- tutkintokoulutukseen valmentavaa koulutusta (TUVA-koulutus)
- aikuisten maahanmuuttajien perusopetusta
- työvoimakoulusta
- vankilakoulutusta
- laajennettua oppisopimuskoulutusta.

Järjestämisluvan mukaisessa koulutuksessa Ammattiopisto Tavastiassa on vuosittain noin 4 500 opiskelijaa. Opiskelijavuosina laskettuna opiskelijamäärä vuonna 2021 oli 2 462. Opiskelijoista 16 prosentilla äidinkieli on muu kuin suomi. Ammattiopisto Tavastiassa päätoimista opetushenkilöstöä on noin 200 henkilöä.

Marraskuussa 2022 Ammattiopisto Tavastia sai kunniaininnon Opetus- ja kulttuuriministeriön valtakunnallisessa laatupalkintokilpailussa. Laatupalkinnon perusteluissa mainitaan muun muassa, että ”Ammattiopisto Tavastialla on kestävä tulevaisuuden strategia, jota se toimeenpanee erinomaisesti sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyuden osa-alueilla”. Perusteluissa nostetaan esiin myös se, että Ammattiopisto Tavastiassa ”yksilölliset opintopolut ja niille rakennettu ohjaus ja tuki ovat vahvaa, toteutuvat hyvin ja luovat kestävää tulevaisuutta.” (Ammatillisen koulutuksen laatupalkinto 2022.)

Ammattiopisto Tavastian pedagogisen ohjelman linjaukset vuosille 2022–2025 perustuvat mm. opetusministeriön koulutuspoliittiseen selontekoon, ammatillisen koulutuksen laatustrategiaan sekä hallitusohjelmaan. Pedagogisen ohjelman yhtenä tavoitteena mainitaan ”yhdenvertaisten ohjauspalvelujen ja joustavien opintopolkujen varmistaminen”. Tämän tavoitteen toimenpiteinä mainitaan ”opiskelijoiden tarpeiden selvittäminen sekä vastuiden määrittely ja prosessien selkeyden varmistaminen” sekä ”tiedolla johtamisen hyödyntäminen, mittareiden seurannan

systemaattisuus ja niiden vaikuttavuuden varmistaminen”. Toinen tavoite on ”oppimisen tuen kokonaisuuden kuvaaminen ja yhtenäisen toteutumisen varmistaminen”. Tähän tavoitteeseen pyritään tunnistamalla oppimisen tuen tarpeet ja niiden vaikuttavuuden arviointi sekä varmistamalla yhdenvertaisten toimenpiteiden toteutuminen. (Pedagoginen ohjelma n.d.)

## **2.2 Valtakunnalliset ohjauksen linjaukset**

### **2.2.1 Suomen hallitus ja valtioneuvosto**

Pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelmassa (2019) linjataan, että opinto-ohjausta vahvistetaan eri koulutusasteilla. Eri koulutusasteiden toimintaa, ohjausta ja rahoitusta kehitetään siten, että Suomeen syntyy kattava tarjonta työelämälähtöisiä, monimuotoisia jatkuvan oppimisen koulutuskokonaisuuksia. Erityisesti mainitaan, että lähiopetus- ja ohjausresurssien riittävyys huomioidaan. (Hallitusohjelma 2019, 167–169.)

Valtioneuvoston koulutuspoliittisessa selonteossa (2021) on toisen asteen koulutukseen liittyvänä tavoitteena edistää koulutuksellista tasa-arvoa ja yhdenvertaisuutta. Ohjaukseen liittyvinä toimenpiteinä mainitaan opintojen ohjauksen toimintamallien ja seurannan kehittäminen. Kehitystyön myötä varmistuttaisiin siitä, että koulutuksenjärjestäjät huolehtivat, että kukin opiskelija saa omiin tarpeisiinsa sopivaa opetusta ja ohjausta. (Valtioneuvoston koulutuspoliittinen selonteko 2021, 24)

### **2.2.2 Lait ja suositukset**

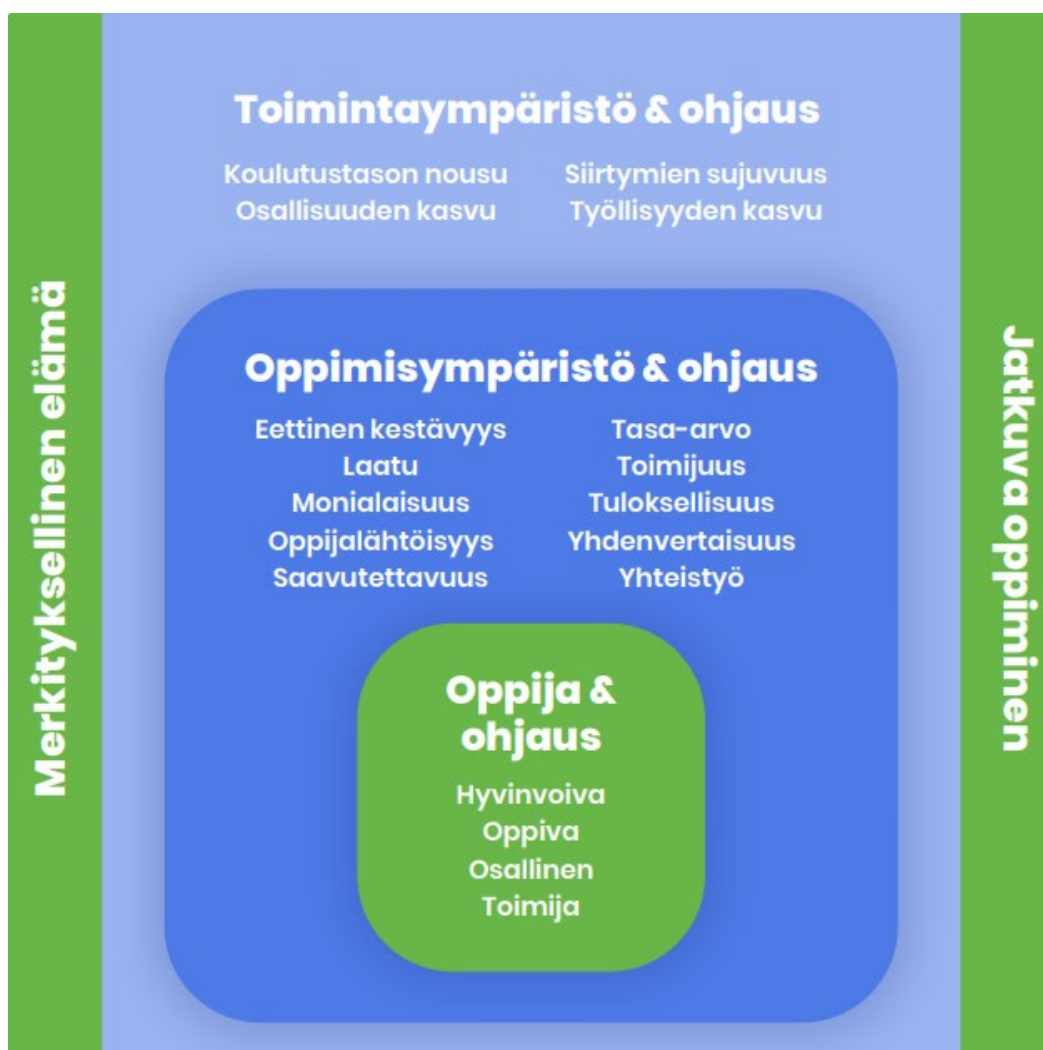
Laki ammatillisesta koulutuksesta määrittelee pykälässä 61, että opiskelijalla on oikeus saada sellaista ohjausta, joka mahdollistaa tutkinnon perusteiden mukaisen ammattitaitovaatimusten ja osaamistavoitteiden saavuttamisen sekä tukee

kehittymistä tasapainoisiksi ja sivistyneiksi yhteiskunnan jäseniksi. Samassa pykälässä mainitaan, että opiskelijalla on oikeus saada henkilökohtaista ja muuta tarpeellista opinto-ohjausta. (L531/2017, 61§.)

Oppivelvollisuuslakiin on kirjattu, että koulutuksen järjestäjä on ohjaus- ja valvontavastuussa oppivelvollisesta, joka on aloittanut opinnot koulutuksen järjestäjän opiskelijana. Laissa sanotaan, että koulutuksen järjestäjän on seurattava oppivelvollisen opintojen edistymistä. Laki linjaa myös, että tilanteissa, joissa oppivelvollisen opinnot eivät etene opiskelusuunnitelman mukaan tai oppivelvollinen on aikeissa keskeyttää opintonsa, on koulutuksen järjestäjän selvítettävä oppivelvollisen saamien tukitoimien riittävyys sekä tarvittaessa ohjattava oppivelvollinen haakeutumaan muiden tarkoituksenmukaisten palveluiden piiriin. (L1214/2020, 12§)

Oppilas- ja opiskeluhuoltolaissa määrätään opiskeluhuollon järjestämisestä. Opiskeluhuollolla tarkoitetaan tässä psykologi- ja kuraattoripalveluja. Laissa mainitaan, että opiskelijalla on oikeus saada riittävä tuki ja ohjaus hänen opiskeluunsa ja kehitykseensä liittyvien vaikeuksien ehkäisemiseksi ja poistamiseksi. (L1287/2013, 15§)

Ohjauksen laadun kehittämiseksi ja varmistamiseksi Opetushallitus on laatinut ”Hyvän ohjauksen kriteerit” -suosituksen. Suositus kattaa koulutuksen perusopetuksesta toiselle asteelle. Ohjauksen merkitys korostuu siirtymävaiheissa, esimerkiksi siirryttäessä kouluasteelta toiselle. Kuvioon 2 on koottu hyvän ohjauksen tavoitteet. Hyvän ohjauksen keskiössä on oppija, jonka ohjaus erilaisissa oppimisympäristössä on mm. oppijalähtöistä, tasa-arvoista ja yhdenvertaista. Hyvällä ohjauksella varmistetaan siirtymien sujuvuus, työllisyyden ja osallisuuden kasvu sekä koulutustason nousu. Hyvä ohjaus mahdollistaa oppijalle jatkuvan oppimisen ja merkityksellisen elämän. (Kärkkäinen, Taipale & Vartiainen 2023.)



KUVIO 2. Hyvän ohjauksen tavoitteet (Kärkkäinen ym. 2023).

### 2.2.3 Oppimisanalytiikan viitekehys

Opetus- ja kulttuuriministeriön Oppimisanalytiikan viitekehys -julkaisussa (2021) määritellään oppimisanalytiikka seuraavasti: ”Oppimisanalytiikka tarkoittaa oppimiseen ja koulutukseen liittyvän tiedon keräämistä, analysointia ja raportointia, sekä analysoitavan tiedon näkyväksi tekemistä”. Julkaisussa todetaan, että oppimisanalytiikan käyttö voidaan jäsentää neljälle tasolle: ”oppijan, opettajan ja instituution taso sekä kansallinen taso”. Instituutiotasolla oppimisanalytiikkaa hyödynnetään päätöksenteon ja johtamisen tukena. Tavoitteena on tutkintoon valmistumisen seuranta, sujuvoittaminen ja ennakointi sekä keskeyttämisten ehkäisy. Instituutiotason analytiikan avulla oppilaitokset pystyvät kehittämään opiskelijoille tarjottavia tukipalveluja (esim. opinto-ohjausta). Oppimisanalytiikkaa voi-

daan hyödyntää, kun opiskelijaa ohjataan oppimisessa ja ammatillisessa kasvussa. Sen avulla voidaan selvittää opiskelijan sitoutumista opintoihin. Tieto voi auttaa ohjaamaan opiskelijoita erilaisissa tilanteissa, jotka voivat johtua oppimisvaikeuksista tai ennakoida opintojen keskeyttämisriskiä tai ongelmia opiskelijan hyvinvoinnissa. Oppimisanalytiikkatiedon ansiosta opiskelijoille voidaan tarjota ohjauksellista tukea entistä ennakoivammin ja oikea-aikaisemmin. Oppimisanalytiikan hyödyntäminen edellyttää aina ohjauseettisesti ja tietosuojan näkökulmasta juridisesti hyväksyttävää toimintatapaa. (Oppimisanalytiikan viitekehys 2021, 11,27)

Oppimisanalytiikan viitekehyksessä mainitaan neljä analytiikan vaiheita kuvaavaa kategoriaa: kuvaileva, selittävä, ennakoiva ja ohjaava analytiikka. Näistä viimeinen liittyy vahvasti opiskelijan ohjaukseen. Ohjaava analytiikka käyttää hyväkseen ennustemalleja ja tarjoaa malleihin perustuvaa ohjausta. Malleihin perustuen voisi esimerkiksi kohdentaa ohjausresursseja opiskelijan opintomenestyksen tai tehtävien haasteellisuuden perusteella. (Oppimisanalytiikan viitekehys 2021, 28–29)

### 3 TEKÖÄLY TOISEN ASTEEN OPISKELIJAN OHJAUKSESSA

Tekoälyn käytöstä toisen asteen koulutuksessa ei juurikaan löytynyt kansainvälistä kirjallisuutta. Pääsääntöisesti kansainvälinen kirjallisuus keskittyy yliopisto- ja korkeakouluopiskelijoihin liittyvään oppimisanalytiikkaan. Suomessa tekoälyn hyödyntämistä opiskelijan ohjauksessa on jonkin verran tutkittu, pohdittu ja sivuttu erilaisissa hankkeissa, artikkeleissa, opinnäytetöissä ja pro gradu -tutkielmissa. Kotimainen aineisto viittaa sekä toisen asteen koulutukseen että korkeasteen koulutukseen.

Tässä opinnäytetyössä viitataan kirjalliseen materiaaliin, joka on tuoretta – mielellään korkeintaan viisi vuotta vanhaa – koska tekniikka kehittyy niin nopeaa vauhtia. Lisäksi tuoreen tiedon käyttämistä tukee myös se, että ammatillisen koulutuksen reformi tuli voimaan vuonna 2018. Silloin voimaan tullut uudistunut toisen asteen koulutusta sääntelevä lainsäädäntö toi muutoksia opiskelijoiden ohjaamiseen ja tukemiseen.

On hyvin vähän tutkimustietoa opiskelijan koko opintopolkuun ja opintojen yleiseen etenemiseen liittyen. Enna Raerinne toteaaakin pro gradu -tutkielmassaan (2020), että tiedonlouhintaa liittyen opiskelijan koko opintopolkuun on tehty hyvin vähän. Useat tutkimukset keskittyvät kurssitason suorituksiin ja niiden perusteella tehtävään kurssien suositteluun. (Raerinne 2020.)

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu koordinoi ”Älykäs ohjaus – tekoäly asiakaslähtöisessä opinto- ja uraohjauksessa” -hanketta vuosina 2019–2021. Hankkeessa olivat mukana myös toisen asteen oppilaitokset Etelä-Savon ammattiopisto ja Ammattiopisto Samiedu. Hankkeessa pohdittiin, tuoko tekoäly lisäarvoa opinto- ja uraohjaukseen. Myös ohjaukseen liittyvän tekoälyn käytön eettisyyttä puntaroitiin. Hankkeen julkaisussa todetaan, että koulutuksen kenttä on vasta lähtökuopissa tekoälyn hyödyntämisessä, ja tähän liittyvän tutkimuksen tarve on todella suuri. Lisäksi julkaisussa todetaan, että tekoälystä ei saada opinto- ja uraohjaukseen hyötyä tai lisäarvoa ennen kuin se oikeasti on osa ohjausprosessia. Ohjaajille pitäisi saada tekoälyratkaisuja, jotka auttavat konkreet-

tisessa ohjaustyössä. Julkaisussa jäädään kriittisesti miettimään, onko oikein tarkastella ohjattavan tilannetta tekoälyn tuottaman tiedon pohjalta. (Korhonen, Rinne & Äikäs 2021, 46–48.)

Edellä mainittu Älykäs ohjaus -hanke on toiminut toimeksiantajana Sanna Valovuoren opinnäytetyössä (2020), jossa on pyritty löytämään opinto- ja uraohjauksen suurimmat haasteet ja muutokset. Opinnäytetyössään Valovuori pyrki myös selvittämään, millaista teknologiaa jo käytetään ja onko mahdollisista aiemmista hankkeista opittu jotakin. Valovuori toteaa, että tekoälyn hyödyntäminen koulutussektorilla tulee muuttamaan niin työelämää kuin koulutustakin. Tutkimuksessa selvisi, että opiskelijat toivovat käytännönläheistä ja yksilöllistä ohjausta niin, että opintojen alkuvaiheessa olevat saisivat enemmän opintoihin liittyvää ohjausta ja opintojen loppuvaiheessa olevat enemmän työelämään liittyvää uraohjausta. Lisäksi selvisi, että joitain uraohjaukseen liittyviä testi- ja ohjaustyökaluja jo on, mutta vielä pitäisi ratkaista niihin liittyviä ohjauseettisiä ongelmia. Valovuori toteaa, että ”digitaalisuutta ja tekoälyn käyttöä opinto- ja uraohjauksessa on lisätävä, mutta vielä ei kuitenkaan ole tarpeeksi hyviä keinoja vuorovaikutuksen korvaajaksi”. Opiskelijan opintopolun monimuotoistuminen haastaa totuttuja opinto- ja uraohjausmalleja. Kaikkea ei voi korvata teknologialla, mutta sen hyödyntäminen voisi olla kannatettavaa. Valovuori painottaa, että ensin täytyy miettiä, mitä ongelmaa datan avulla halutaan ratkaista ja vasta sitten miettiä, mitä menetelmiä käytetään. (Valovuori 2020.)

Anu Halttunen on tutkinut ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyössään (2019), mitä mahdollisuuksia Microsoftin PowerBI-ohjelmisto tarjoaa tiedolla johtamisen prosesseihin toisen asteen oppilaitoksessa, sekä sitä, auttavatko ohjelmiston tarjoamat keinot selvittämään opiskelijoiden keskeyttämiseen johtavia syitä. Tutkimuksessaan Halttunen toteaa, että on tärkeää, että lähdejärjestelmässä tieto ei ole pirstaloitunutta vaan ehjää. On tärkeää kiinnittää huomiota siihen, että oppimisanalytiikkaan käytettävä data valmistellaan huolellisesti. (Halttunen 2019.)

Pro Gradu -tutkielmassaan (2021) Arto Pärnänen selvitti, miten ammattioppilaitokset pystyvät hyödyntämään tekoälyä omassa toiminnassaan. Pärnäsen tutki-

musta voidaan kutsua urauurtavaksi, koska vastaavaa tutkimusta ei ole aiemmin Suomessa tehty. Tutkimus osoitti, että opiskelijahallintojärjestelmiin muodostuvaa dataa voidaan hyödyntää toteutettaessa tekoälymallia esimerkiksi opintojen keskeyttämisen ehkäisemiseksi. Pärnänen toteaa, että tekoälysovelluksella saatiin apua opiskelijan ohjaukseen. Kuten Halttunen (2019) niin myös Pärnänen mainitsee, että tekoälyn hyödyntämiseen, koneoppimiseen ja data-analytiikkaan käytettävän datan tulee olla ehyttä ja sen valmistelu tulee olla huolellista. Pärnäsen tutkimuksella saatiin suomalaista tutkimustietoa siitä, miten ammatillinen koulutuksen järjestäjä voi hyödyntää tekoälyä omassa toiminnassaan päätöksenteon tukena. (Pärnänen 2021.)

Ammattiopisto Tavastia on mukana monissa tiedolla johtamiseen liittyvissä kansallisissa hankkeissa ja eri koulutuksen järjestäjien yhteisissä verkostoissa. Kun kysyttiin muutamalta eri koulutuksen järjestäjältä, onko tekoälyä heillä hyödynnetty opiskelijan ohjauksessa, saatiin vastauksia laidasta laitaan. Yksi sanoi, että tekoälyä on hyödynnetty ulkopuolisen konsultin avustuksella. Toinen sanoi, että on toteutettu tekoälyä käyttäviä omia ratkaisuja ja muutama sanoi, että eivät näe sen tuovan lisäarvoa tietoihin, joita opiskelijoista jo tiedetään.

## 4 DATAN MÄÄRITTELY, KERÄÄMINEN JA ESIKÄSITTELY

### 4.1 Datan määrittely

Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallinto-ohjelmasta lähdettiin poimimaan dataa, jota tullaan käyttämään koneoppimisalgoritmin opettamisessa. Poimitulla dataalla on tarkoitus ennustaa, onko läsnä oleva opiskelija todennäköinen valmistuja vai vaarassa pudota opintopolultaan ja päätyä eroamiseen. Oppilaitoksessa on käytössä Primus-opiskelijahallintojärjestelmä. Järjestelmästä on mahdollista poimia dataa csv-tiedostoihin. Poiminta tapahtuu järjestelmän omalla PrimusQuery-apuohjelmalla.

Ennusteen laatimiseksi tarvittiin dataa aiemmin eronneista ja valmistuneista opiskelijoista. Vuonna 2018 voimaan tulleen ammatillisen koulutuksen reformin vuoksi poimittava data päätettiin rajata niin, että tekoälyn opettamiseen käytettävä data poimittiin aikaisintaan vuonna 2019 aloittaneista vuoden 2022 loppuun mennessä opintonsa päättäneistä opiskelijoista, jotka suorittivat ammatillista perustutkintoa tavoitteenaan koko tutkinto. Koska ammatillisen koulutuksen reformi toi merkittäviä muutoksia opiskelijoiden opintopolkuun, ei aiemmin eronneiden ja valmistuneiden tiedoilla katsottu olevan merkitystä ennusteen laatimiseen.

Ammattiopisto Tavastian toimijoiden kanssa pohdittiin, mikä opiskelijatieto on relevanttia ennusteita määriteltäessä ja mitkä opiskelijatiedot olisivat sellaisia, jotka voisivat vaikuttaa opiskelijan eroamiseen/valmistumiseen. Päädyttiin poimimaan opiskelijoista taulukon 1 mukaiset tiedot.

TAULUKKO 1. Opiskelijoista poimittavat tiedot.

Tieto	Selitys
<b>KIELI</b>	Opiskelijan äidinkieli
<b>IKA</b>	Opiskelijan ikä opintojen päättyessä
<b>SUKUPUOLI</b>	Opiskelijan sukupuoli
<b>KOTIKUNTA</b>	Opiskelijan kotikuntakoodi
<b>HAKUTAPA</b>	Yhteishaku vai jatkuva haku

<b>TUTKINTOKOODI</b>	Tutkinnon koodinnumero
<b>OPISKAIKA</b>	Opiskelu aika
<b>POHJAKOULUTUS</b>	Opiskelijan pohjakoulutus koodinumerona
<b>SUORITETTU_ATO</b>	Suoritettut ammatilliset osaamispisteet
<b>SUORITETTU_YTO</b>	Suoritettut yhteisten tutkinnonosien osaamispisteet
<b>POISSAOLOT</b>	Poissaolotunnit
<b>TJKLKM</b>	Työpaikalla järjestettävän koulutuksen sopimusten lukumäärä
<b>ERITYINEN TUKI</b>	Tieto siitä, onko opiskelijalle tehty erityisen tuen päätös
<b>VIIMTILA</b>	Opiskelijan opiskeluoikeuden viimeinen tila, eronnut tai valmistunut.

## 4.2 Datan kerääminen ja esikäsittely

Datan keräämistä varten opiskelijahallintojärjestelmään tehtiin hakuehtomääritys, jolla saatiin rajattua poiminta koskemaan aikaisintaan vuonna 2019 aloittaneita vuoden 2022 loppuun mennessä opintonsa päättäneitä opiskelijoita. Hakuehtomääritys Primus-opiskelijahallinto-ohjelman opiskelijat-rekisterissä näyttää kuvan 1 mukaiselta.

```
Koulu-> Korttinumero = 1 JA Aloituspäivä >= 1.1.2019 JA Tutkinto-> Tutkinto =
"*perustutkinto" JA Opiskelijan tavoite koulutuksessa = "1 koko tutkinnon suorittaminen" JA
Suoritustapa = "Osaamisen osoittaminen näytössä (reformi)" JA Sukunimi <> "Testioppilas" JA
( ( Opiskeluoikeusjakso alkaa[Viimeinen] =< 31.12.2022 JA Opiskeluoikeuden tilat[Viimeinen] =
"Valmistunut" ) TAI ( Opiskeluoikeusjakso alkaa[Viimeinen] =< 31.12.2022 JA
Opiskeluoikeuden tilat[Viimeinen] = "Katsotaan eronneeksi" ) )
```

KUVA 1. Hakuehtomääritys Primus-opiskelijahallinto-ohjelmassa.

Alla on avattu, mitä kuvassa 1 oleva hakuehtomääritys käytännössä tarkoittaa:

- Koulu->Korttinumero=1 JA
  - Otetaan mukaan vain koulun 1 opiskelijat
  - Koulu 1 = Ammattiopisto Tavastia.
- Aloituspäivä>=1.1.2019 JA

- Lisäksi rajataan hakuun tulemaan ne opiskelijat, jotka ovat aloittaneet opintonsa 1.1.2019 tai sen jälkeen.
- Tutkinto->Tutkinto="\*perustutkinto" JA
  - Rajataan mukaan vain perustutkintoa suorittavat opiskelijat.
- Opiskelijan tavoite koulutuksessa="1 koko tutkinnon suorittaminen" JA
  - Opiskelijalle pitää olla kirjattuna koulutuksen tavoitteeksi koko tutkinnon suorittaminen.
- Suoritustapa="Osaamisen osoittaminen näytössä (reformi)" JA
  - Hakutulokseen halutaan ne opiskelijat, joiden suoritustapa on "Osaamisen osoittaminen näytöissä (reformi)".
- Sukunimi<>"Testioppilas" JA
  - Järjestelmään on kirjattu testiopiskelijoita, joiden sukunimenä on aina Testioppilas. Tässä rajataan hakutuloksesta pois kaikki ne, joiden sukunimi on Testioppilas
- ((Opiskelu oikeusjakso alkaa[Viimeinen]=<31.12.2022 JA Opiskelu oikeuden tilat[Viimeinen]="Valmistunut") TAI (Opiskelu oikeusjakso alkaa[Viimeinen]=<31.12.2022 JA Opiskelu oikeuden tilat[Viimeinen]="Katsotaan eronneeksi"))
  - Lisäksi vielä rajataan hakuun poimitumaan vain ne opiskelijat, joilla ns. läsnäolotaulukossa viimeisellä rivillä on opiskelu oikeuden tilana valmistunut tai eronnut ja valmistumis- tai eroamispäivä on pienempi tai yhtä suuri kuin 31.12.2022.

Hakuehdot täyttävistä opiskelijoista poimittiin taulukossa 1 mainitut tiedot opiskelijahallintojärjestelmän omalla PrimusQuery-apuohjelmalla. Apuohjelman avulla Primus-opiskelijahallintojärjestelmästä voidaan tehdä ajastettuja ja manuaalisia hakuja. Tässä tapauksessa käytettiin manuaalista hakuja, koska kyseessä oli historiadata. Tietosisältö ei muutu, vaikka se haettaisiin uudelleen. Näin ollen riittää, että se on haettu kerran. Poimitusta tiedosta ei pysty selvittämään yksittäistä opiskelijaa.

PrimusQuery-määrittelyssä pystyttiin muuttamaan tekstimuodossa oleva tieto numeeriseksi. Esimerkiksi kielitieto määritettiin olemaan 1, kun kieli on suomi ja 0, kun kieli on mikä tahansa muu kuin suomi. Opiskelijan suorittamista osaamis-

pisteistä poimittiin erikseen suoritettut ammatilliset tutkinnon osat ja suoritettut yhteisten tutkinnon osien osa-alueet (YTO). Työpaikalla järjestettävän koulutuksen sopimukset kirjautuvat opiskelijan tiedoissa olevaan taulukkoon. Tietojen poimintaan ko. taulukosta laskettiin mukaan ne rivit, joissa työpaikalla järjestettävän koulutuksen sopimuksen tyyppi on koulutussopimus tai oppisopimus. Taulukkoon 2 on koottu, missä muodossa tiedot poimittiin.

TAULUKKO 2. Tiedon muodot.

Tieto	Muoto
<b>KIELI</b>	1=suomi, 0=muu kuin suomi
<b>IKA</b>	päivinä
<b>SUKUPUOLI</b>	1=nainen, 0=mies
<b>KOTIKUNTA</b>	numeerinen kuntakoodi
<b>HAKUTAPA</b>	1=jatkuva haku, 0=yhteishaku
<b>TUTKINTOKOODI</b>	tutkinnon koodinnumero
<b>OPISKAIKA</b>	päivien lukumäärä
<b>POHJAKOULUTUS</b>	järjestelmän koodinnumero
<b>SUORITETTU_ATO</b>	suoritettujen osaamispisteiden lukumäärä
<b>SUORITETTU_YTO</b>	suoritettujen osaamispisteiden lukumäärä
<b>POISSAOLOT</b>	poissaolotuntien lukumäärä
<b>TJKLKM</b>	työpaikalla järjestettävän koulutuksen sopimusten lukumäärä
<b>ERITYINEN TUKI</b>	1=kyllä, 0=ei
<b>VIIMTILA</b>	1= valmistunut, 0=eronnut

## 5 TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMINEN

### 5.1 Teknisen ympäristön kuvaus

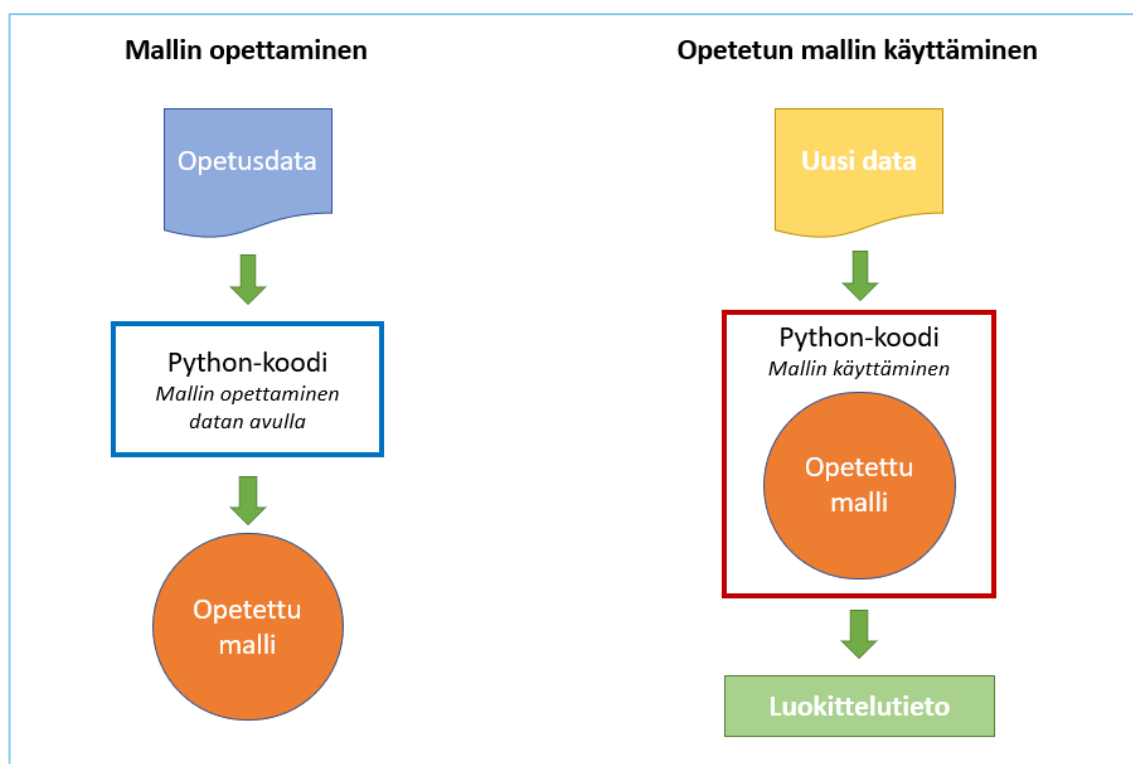
Dataosaamisen ja tekoälyn ylemmän tutkinto-ohjelman koulutuksen yhteydessä Sinisalon tietokoneelle asennettiin Anaconda-tuotepaketti. Anaconda on avoimen lähdekoodin tuotepaketti, jolla saa helposti käyttöön tuhansia Python- ja R-kielille tarkoitettuja paketteja ja kirjastoja (Anaconda distribution n.d.). Tämän työn tekemisessä tekoälyn opettamiseen käytettiin Anacondan sisältämää Spyder-editoria. Spyder-editorissa on kattavasti edistyneitä Python-kieleen liittyviä muokkaus-, analyysi-, virheenkorjaus- ja profiloitotoimintoja. Spyder-editorissa on mahdollista Python-ohjelmointikielellä opettaa haluttu koneoppimismalli ja sen avulla luokitella dataa. (Spyder documentation n.d.)

Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallintojärjestelmästä poimittavien tietojen suhteen pyrittiin siihen, että csv-tiedostoon tiedot tulevat numeerisessa muodossa. Tällä tavoiteltiin sitä, että data olisi tiedostossa valmiiksi sellaisessa muodossa, että tiedoston käsittely Python-kielellä olisi vaivatonta. Python-ohjelmointikieltä hyödyntäen csv-tiedostoon poimitulla datalla opetettiin tekoäly ennustamaan läsnä olevan opiskelijan todennäköisyys erota tai valmistua. Tekoälyn opettaminen tehtiin Sinisalon tietokoneella manuaalisesti ajaen. Myös ennustaminen ajettiin manuaalisesti. Ennustamisen tuloksena saatu tiedosto on mahdollista ottaa käsittelyyn PowerBI-ohjelmassa. PowerBI:n avulla ennustus saadaan visualisoitua datan hyödyntäjälle.

### 5.2 Koneoppiminen

Koneoppimisprojekti alkaa mallin opettamisella. Tässä työssä mallin opettamiseen käytettiin ohjatun koneoppimisen menetelmiä. Mallin opetusaineistona käytettiin dataa, joka pitää sisällään luokittelutiedon. Ohjatulla koneoppimisella opetetun mallin avulla pystytään luokittelemaan uutta, mallin opetuksessa käyttämättä, aineistoa. Tässä luokittelutietona käytettiin aineistossa olevaa eronnut/valmistunut-tietoa.

Opetettua mallia voidaan käyttää niin, että mallin luokiteltavaksi annetaan uutta, mallille tuntematonta, dataa. Luokittelu on mahdollista, kun uusi data on samassa muodossa kuin data, jolla malli opetettiin. Kun nämä kriteerit täyttyvät, opetetun mallin avulla pystytään ennustamaan läsnä oleville opiskelijoille todennäköisyys valmistumiseen/eroamiseen. Koneoppimisprojektin vaiheet on havainnollistettu kuviossa 3 mukailleen CNN-johdanto-opetusmateriaalissa esitettyä kuvaa (Kujan-suu 2022).



KUVIO 3. Koneoppimisprojektin vaiheet.

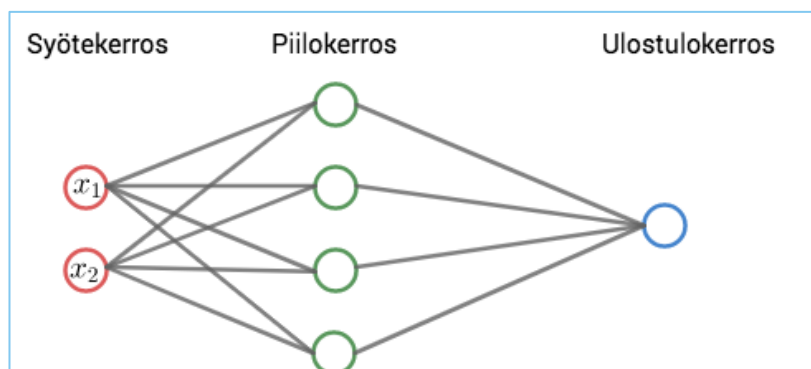
Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallintojärjestelmästä poimittu data sisälsi tietoja vuosina 2019–2022 eronneista ja valmistuneista opiskelijoista. Tiedostoon tuli 1 794 riviä, ja tiedot olivat 14 sarakkeessa. Poimittujen tietojen avulla mallin opettamista testattiin kolmella eri algoritmilla. Tarkoituksena oli selvittää, millä algoritmilla saadaan malli, joka voidaan ottaa testikäyttöön ja mahdollisesti tuotantoon. Kaikissa kolmessa tapauksessa sama Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallintojärjestelmästä poimittu data jaettiin opetus- ja testidataan 80/20-suhteessa. Tämä tarkoittaa sitä, että mallin opettamiseen käytettiin 80 % aineistosta ja mallin testaukseen erottui 20 % aineistosta.

Jokaisesta mallista tulostettiin  $R^2$ -, MAE- ja RMSE-arvot, jotta voidaan verrata niiden osuvuutta. Nämä indikaattoriarvot valikoituivat tarkasteltaviksi, koska näitä käytettiin useissa harjoituksissa, joita tehtiin dataosaamisen ja tekoälyn koulutusohjelmassa.  $R^2$  – Coefficient of Determination – kertoo prosentteina, kuinka hyvin opetettu malli tunnistaa testidatasta halutun luokittelun. MAE – Mean Absolute Error – kertoo todellisten arvojen ja ennustettujen arvojen välisen keskimääräisen eron. RMSE – Root Mean Square Error – puolestaan ilmaisee, kuinka ennustevirheet ovat keskittyneet datasettiin parhaiten sopivan regressiosuoran ympärille. (Statistics How To n.d.)

Kaikkiin malleihin ajettiin erilaisia sarakeskeyhdistelmiä Ammattiopisto Tavastian eronneista ja valmistuneista poimitusta datasta. Kokeiltiin, onko vaikutusta sillä, että jättää huomioimatta kotikunnan, kielen ja sukupuolen tai vain jonkin näistä. Myös hakutavan, tutkintotyypin ja pohjakoulutuksen vaikutusta luokittelutulokseen testattiin. Lopulta kuitenkin päädyttiin käyttämään kaikkia poimittuja tietoja, koska niitä käyttämällä saatiin kaikissa testiin valituissa malleissa tarkin  $R^2$ -arvo.

### 5.2.1 Neuroverkko

ANN – Artificial Neural Networks – on keinotekoinen neuroverkko. Keinotekoinen neuroverkko käyttää laskentamallia, joka jäljittelee ihmisaivojen toimintaa. Siinä on syöte- ja ulostulokerros. Syöte- ja ulostulokerroksen välissä on yksi tai useampia piilokerroksia. Neuroverkkoa opetettaessa sille syötetään data ja määritellään, mitä sen halutaan oppivan. Piilokerrokset huolehtivat oppimisesta annettujen tietojen perusteella. Kuviossa 4 on havainnollistettu neuroverkon kerrokset. (Tuominen 2023.)



KUVIO 4. Neuroverkon kerrokset (Tuominen 2023).

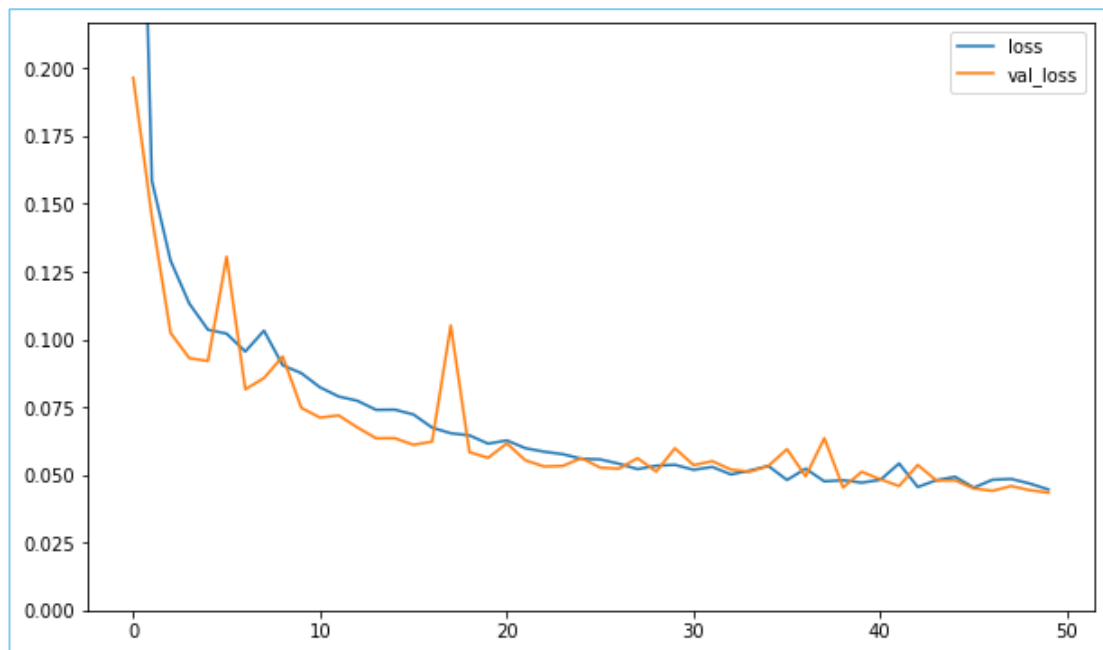
Ammattiopisto Tavastian tapauksessa algoritmillemme syötettiin tietoja eronneista ja valmistuneista opiskelijoista ja sen oli tarkoitus oppia tiedostossa olevien tietojen perusteella, onko opiskelija eronnut vai valmistunut. Tulokseksi haluttiin saada malli, jolla pystyisi ennustamaan läsnä olevan opiskelijan vastaavista tiedoista, mihin suuntaan hänen opiskelijastatuksensa on kehittymässä.

Neuroverkon toteuttamiseen käytettiin TensorFlow:n Keras Sequential-mallia. Mallia opetettaessa kokeiltiin erilaisia arvoja dense-, epochs- ja batch\_size-attribuutteihin. Dense-arvolla määritetään, kuinka monta syötettä neuronit vastaanottavat edellisen kerroksen neuroneista (Yugesh 2021). Epochs-määrittelyllä algoritmillemme kerrotaan, kuinka monta iteraatiota eli toistoa datasettiin tehdään ja batch\_size-arvolla määritetään, kuinka monta opetusaineistotiedoston riviä yhden toiston aikana käydään läpi. (Rukshan 2022.) Paras tulos saatiin kuvan 2 mukaisella määrittelyllä.

```
y_test = scaler_y.transform(y_test)
model = Sequential()
model.add(Dense(50, input_dim=X.shape[1], activation='relu'))
model.add(Dense(1, activation='linear'))
model.compile(loss='mse', optimizer='adam', metrics=['mse'])
history=model.fit(X_train, y_train, epochs=50, batch_size=10, validation_data=(X_test,y_test))
```

KUVA 2. Määrittely Python-tiedostossa.

Neuroverkon oppiminen on visualisoitu kuviossa 5. Mitä lähemmäksi viivat toisiinsa päätyvät, sitä paremmin malli on oppinut. Sininen viiva on opetusdatan kuvaaja ja oranssi viiva kuvaa testidataa. X-akselin lukuarvot viittaavat epochs-attribuutin määrittelyyn eli datasettiin tehtyjen toistojen määrään ja y-akselin arvo osoittaa mallin laskeman ennusteen osumista oikeaan. Mitä lähempänä nollaa y-akselin arvo on, sitä paremmin ennuste on onnistunut.



KUVIO 5. Visualisoitu neuroverkon oppiminen.

Kuvan 2 mukaisilla määrittäyksillä opetettu malli antoi tulokseksi kuvan 3 mukaiset arvot. Arvo  $R^2 = 95,63\%$  on hyvä tulos.

```
ann:
r2: 0.9563435454193294
mae: 0.053610243225289435
rmse: 0.1039831580927342
```

KUVA 3. Mallin antama tulos.

## 5.2.2 Päättöpuu

Päättöpuu on ohjattu oppimismenetelmä, jota käytetään tiedon regressioanalyysiin sekä luokitteluun. Opittuaan opetusaineiston datasta yksinkertaiset päätös-säännöt se ennustaa luokittelun if-then-else-päätöksien kautta. Päättöpuun antamaa tulosta on helppo ymmärtää ja sen rakenne pystytään visualisoimaan. (Sklearn n.d.)

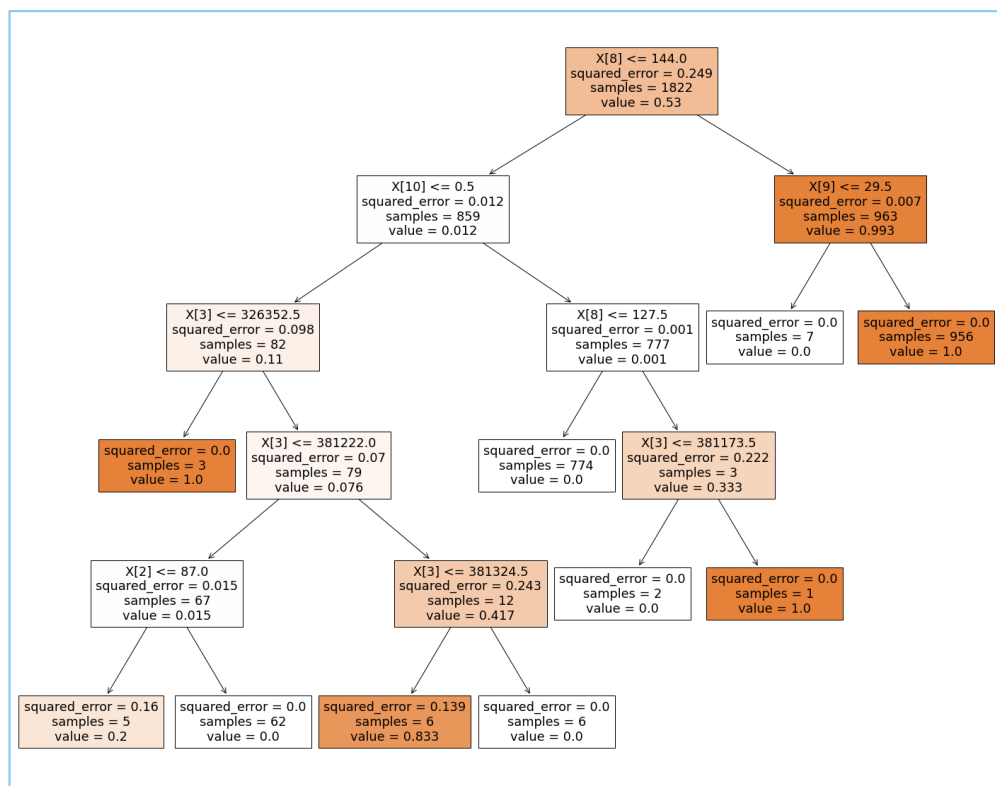
Mallin laskemiseen käytettiin Pythonin Scikit-learn kirjastoa. Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallintojärjestelmästä poimittu opetusdatatiedosto syötettiin DecisionTreeRegressor-luokalle. Tarkoituksena oli saada tulokseksi ennustemalli,

jonka avulla voidaan läsnä olevien opiskelijoiden tiedoista päätellä, onko opiskelija todennäköinen valmistuja vai tulevatko opinnot päättymään eroamiseen ennen valmistumista. Scikit-Learn kirjastossa olisi myös käytettävissä DecisionTreeClassifier-luokka, mutta sitä ei käytetty, koska mallin ei haluttu luokittelevan opiskelijoita tarkasti kahteen kategoriaan, vaan haluttiin saada ennusteeksi numeerinen arvo.

Mallissa voidaan määrittellä, kuinka syvä puusta halutaan. Määrittely tehdään max\_depth-arvolla, jolla kontrolloidaan mallin ylioppimista (overfitting). Suositus on lähteä alkuun arvolla kolme ja sen jälkeen kasvattaa sitä tarpeen mukaan (Sklearn n.d.). Kokeilemalla eri max\_depth-arvoja paras tulos Ammattiopisto Tavastian aineistosta saavutettiin arvolla viisi. Kuvassa 4 määrittys Python-tiedostossa Spyder-editorissa ja kuvio 6 esittää aineistosta visualisoitua päätöspuuta.

```
model = DecisionTreeRegressor(max_depth=5)
```

KUVA 4. Määrittys Python-tiedostossa.



KUVIO 6. Ammattiopisto Tavastian aineistosta visualisoitu päätöspuu.

DecisionTreeRegressor-luokan laskema malli antoi tulokseksi kuvan 5 mukaiset arvot. Arvo  $R^2 = 98,07\%$  on hyvä tulos.

```
dt:  
r2: 0.9807368284789644  
mae: 0.006432748538011696  
rmse: 0.06907210121092312
```

KUVA 5. Mallin antama tulos.

### 5.2.3 Random forest

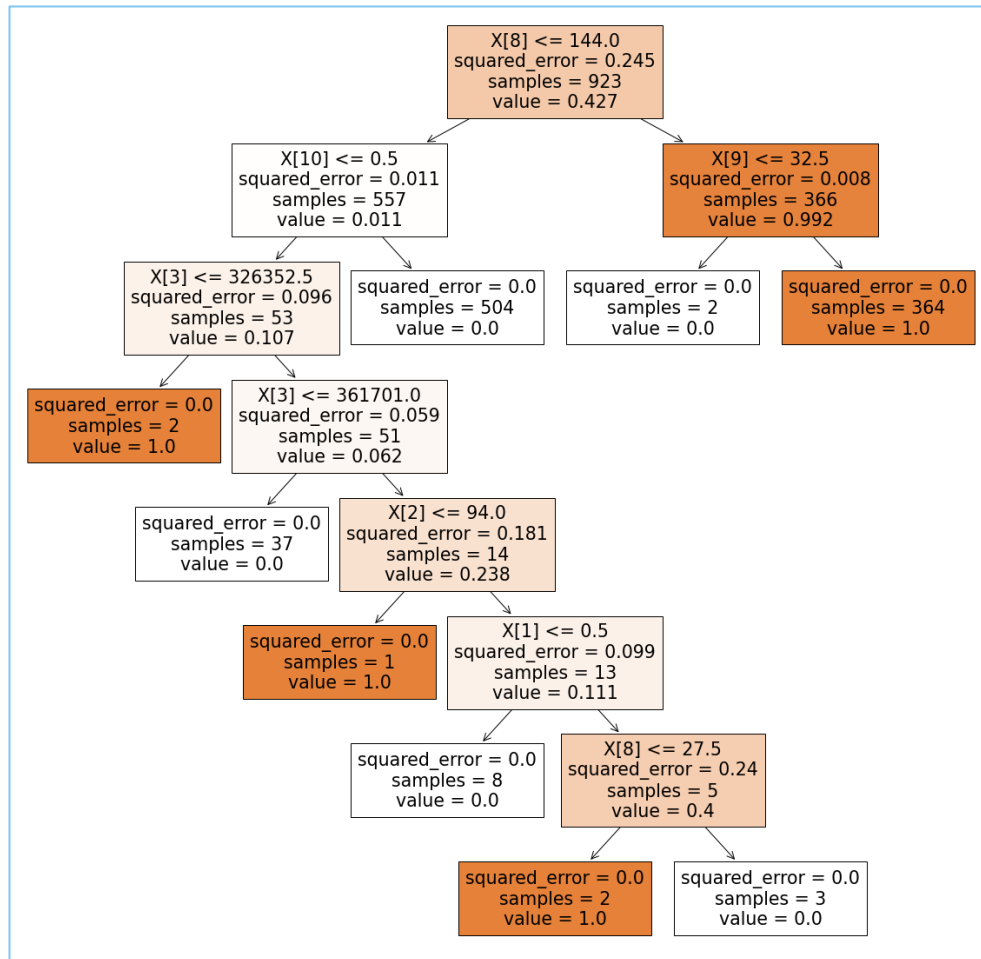
Nimensä mukaisesti random forest on metsä, joka rakentuu useista puista. Tässä tapauksessa metsän puut ovat päätöspuita. Päätöspuusta on kerrottu tämän dokumentin alaluvussa 5.2.2. Random forest -algoritmi käyttää mallin luomiseen useita päätöspuita, joiden tuloksista yhdistyy lopullinen tulos. Random forest mainitaan yhdeksi tehokkaimmista koneoppimisen algoritmeista. (Sandeep 2020.)

Myös Random forest -mallin opettamiseen käytettiin Pythonin Scikit-learn kirjastoja. Ammattiopisto Tavastian opetusdatatiedosto syötettiin RandomForestRegressor-luokan käsiteltäväksi. Tarkoituksena oli tuottaa ennustemalli, jonka avulla voidaan läsnä olevien opiskelijoiden tiedoista päätellä, onko opiskelija todennäköinen valmistuja vai tulevatko opinnot päättymään eroamiseen.

Kuten decision tree -mallissa myös random forest -mallissa määritellään, kuinka syvä puusta halutaan. Määrittely tehdään max\_depth-arvolla. Yleisesti käytetään arvoja 3, 5 tai 7 (Sandeep 2020). Lisäksi voidaan määritellä, kuinka monta päätöspuuta metsään halutaan. Tämä tehdään n\_estimators-parametrilla. Eri max\_depth- ja n\_estimators-parametreja kokeilemalla, paras tulos Ammattiopisto Tavastian aineistosta saavutettiin max\_depth-arvolla 5 ja n\_estimators-parametrin arvolla 100, joka on järjestelmän oletusarvo. Kuvassa 6 näkyy määrittäminen Python-tiedostossa Spyder-editorissa ja kuviossa 7 on Ammattiopisto Tavastian aineistosta visualisoitu yksittäinen random forest -mallin päätöspuu.

```
model = RandomForestRegressor(max_depth=5)
```

KUVA 6. Määrittäminen Python-tiedostossa.



KUVIO 7. Ammattiopisto Tavastian aineistosta visualisoitu yksitäinen päätöspuu.

RandomForestRegressorin tuottama malli antoi tulokseksi kuvan 7 mukaiset arvot. Arvo  $R^2 = 98,09\%$  on hyvä tulos.

```

rf:
r2: 0.9809209120997142
mae: 0.0078686637790145
rmse: 0.06874127392454876
  
```

KUVA 7. Mallin antama tulos.

### 5.3 Ennustaminen

Kaikkien kokeiltujen algoritmien  $R^2$ -tulos oli hyvä. Heikoimman tuloksen antoi neuroverkko ja paras tulos saatiin random forest -algoritilla. Päätöspuun ja ran-

dom forestin ero oli todella pieni. Päätettiin, että ajetaan läsnä olevien ammatilista perustutkintoa suorittavien opiskelijoiden tiedoilla ennusteet kaikilla kolmella mallilla ja vasta sen jälkeen valitaan, minkä algoritmin tuottama ennuste otetaan tuotantokäyttöön.

Malleille annettiin luokiteltavaksi läsnä olevista opiskelijoista tiedostoon poimitut vastaavat tiedot kuin ne, jotka oli poimittu mallin opettamiseen. Tiedot on lueteltu taulukossa 1 luvussa 4.1. Tiedostoon poimittui 1 797:n läsnä olevan opiskelijan tiedot. Kaikki mallit suoriutuivat ennusteen laskemisesta todella nopeasti – muutamassa sekunnissa. Jokaisesta mallista tallennettiin ennusteen sisältävä csv-tiedosto. Tiedostojen sisällöksi tallentui läsnä olevista opiskelijoista poimitut tiedot rikastettuna uuteen sarakkeeseen tallennetulla ennusteella. Tiedostot tallennettiin Koulutuskuntayhtymä Tavastian verkkolevylle, josta ne saatiin poimittua PowerBI-ohjelmalla käsiteltäviksi.

Vaikka neuroverkko antoi hyvistä R2-tuloksista huonoimman, sillä saatiin kuitenkin ennustus, jonka tulkitseminen on mielekkäintä. Päätöspuulla luotu malli antoi ennusteen 0 (ei valmistu) tai 1 (valmistuu). Se oli toteutettavaa näkymää ajatellen liian karkea. Random forest antoi päätöspuuhun verrattuna helpommin tulkittavan ennustearvon, mutta ei niin hyvää kuin neuroverkko. Kun eri mallien tuottamaa ennustetta verrattiin rinnakkain, neuroverkon tuottama ennuste erottui muista lineaarisempänä ja arvona tarkempana. Tästä syystä PowerBI:llä toteutettavaan näkymään päätettiin nostaa näkyviin neuroverkon laskema ennuste. Taulukossa 3 on eri mallien antamat ennusteet yhden ryhmän opiskelijoille.

TAULUKKO 3. Yhden opiskelijaryhmän ennusteet eri malleilla ajettuna.

Neuroverkko	Päätöspuu	Random forest
0,90	0,00	0,16
0,85	0,00	0,21
0,85	0,00	0,31
0,42	0,00	0,00
0,06	0,00	0,00
0,61	0,00	0,00
1,01	1,00	1,00
0,45	0,00	0,00

Voi olla, että päätöspuun ja random forestin ennusteisiin saataisiin tarkkuutta, jos olisi syvempää osaamista näiden algoritmien parametrien käytöstä.

## 6 NÄKYMÄN TOTEUTTAMINEN

Näkymän toteuttamiseen käytettiin PowerBI-desktop-ohjelmaa. Sillä tehtiin PowerBI-raportti, johon tekoälyn laskema ennuste tuotiin sarakkeeksi "ANN". Näkymän koostamista varten opiskelijahallinto-ohjelmasta poimittiin opiskelijasta muitakin tietoja, joista katsottiin olevan hyötyä. Opiskelijahallintojärjestelmästä poimittu csv-tiedosto sekä ennusteen sisältävä tiedosto linkitettiin toisiinsa opiskelijan ID-numeron perusteella.

Kuvassa 8 on kuvakaappaus toteutetusta PowerBI-näkymästä. Kuvakaappauksesta jätettiin pois taulukon ensimmäisissä sarakkeissa olevat opiskelijoita yksilöivät tiedot (nimi, ryhmä, opiskelu-aika).

**TUTKINTO**

Hae

Liiketoiminnan perustutkinto

**RYHMA**

Hae

CA19BAP

CA20AAP

CA20BAP

CA20CAP

CA20KAP

CA21AAP

CA21BAP

CA21CAP

Kaikkien sarakkeiden mukaan voi lajitella ja yläpuolelta voi suodattaa tutkinnon/ryhmän.

ANN	Opiskelu-aika vuosina aloituksesta tähän päivään	Poissaolo% viimeisen vuoden ajalta	HOKSin päivityksestä yli 180 päivää	Opiskelun aloituksesta kaksi vuotta TJK puuttuu	OPSO	Suoritettu ATO osp	Suoritettu YTO osp	Viimeisestä arvosanasta yli vuosi	Opiskellut yli 2 vuotta ATOja puuttuu yli 50%	Opiskellut yli 2 vuotta YTOja puuttuu	ERTU
0,31	3	39,03 %				80	28		▲ -44,8 %	▲ -20,0 %	Ei
0,09	3	77,87 %				35	24		▲ -75,9 %	▲ -31,4 %	Ei
0,82	3	46,84 %				130	32		▲ -10,3 %	▲ -8,6 %	Ei
0,49	3	64,84 %				85	35		▲ -41,4 %		Ei
0,66	3	22,77 %				115	31		▲ -20,7 %	▲ -11,4 %	Ei
0,14	3	63,07 %				55	28		▲ -62,1 %	▲ -20,0 %	Ei
0,73	3	17,27 %				100	36		▲ -31,0 %		Kyllä
0,26	3	43,85 %				50	35		▲ -65,5 %		Kyllä
0,39	3	43,83 %				70	36		▲ -51,7 %		Ei

Voit avata haluamasi opiskelijan tiedot Wilmassa toimimalla alla olevan järjestyksen mukaisesti:

- Täppää tästä tunnukseksi aktiiviseksi  
@kktavastia.fi
- Valitse yllä olevasta taulukosta yksi opiskelija ja klikkaa tästä hänen  
<https://tavastia.inschool.fi>

KUVA 8. Kuva PowerBI-näkymästä.

Näkymän ANN-sarakkeen arvoa voidaan tulkita niin, että mitä lähempänä lukua yksi se on, sen todennäköisempää on, että opiskelija tulee valmistumaan. Sarakkeeseen on tehty liukuva taustaväri, jonka avulla pienimmät arvot erottuvat sini-sinä ja lähempänä lukua yksi olevat arvot keltaisina. Tämän toivotaan helpottavan näkymän katsojaa havaitsemaan ne opiskelijat, joiden tilanteeseen kannattaa kiinnittää huomiota. Näkymässä voidaan suodattaa tarkasteltavia opiskelijoita tutkinnon ja ryhmän mukaan. Kuvaan 9 on suodatettu yhden keväällä 2023 valmistuvan opetusryhmän tiedot. Ennusteen tulkitsemisen helpottamiseksi näkymään haluttiin nostaa muutakin tietoa opiskelijasta. Tarkastelija näkee yhdellä silmäyksellä useita opintojen etenemistä kuvaavia tietoja. Näkymän sarakkeiden otsikointi on tehty mahdollisimman kuvaavaksi, jotta katsoja ymmärtäisi, mistä tiedoista on kyse. Lisäksi näkymään toteutettiin mahdollisuus siirtyä linkkiä klikkaamalla opiskelijan tietoihin Wilmassa. Tämä sujuvoittaa tarkempiin opiskelija-kohtaisiin tietoihin pääsemistä ja antaa mahdollisuuden nopeasti selvittää vaikkapa opintojen etenemättömyyteen liittyviä seikkoja. Wilma on Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallinto-ohjelman selainkäyttöliittymä.

Kuvaan 9 on poimittu yhden opiskelijan tietorivi näkymän taulukosta. Opiskelijan valmistumisennuste on todella huono. Hän on opiskellut jo kolme vuotta, viimeisen vuoden ajalta poissaoloja on 38,75 %, ammatillisten tutkinnon osien (ATO) suorituksia puuttuu 82,8 %. Ennusteen mukaan opiskelija ei ole todennäköinen valmistuja, mutta se ei tarkoita, etteikö opiskelija voisi valmistua. Ennusteen ja muiden sarakkeiden tietojen perusteella voitaisiin opiskelijaan ottaa yhteyttä ja selvittää, millaista tukea hän tarvitsee valmistuakseen.

ANN	Opiskeluaika vuosina aloituksesta tähän päivään	Poissaolo% viimeisen vuoden ajalta	HOKSin päivityksestä yli 180 päivää	Opiskelun aloituksesta kaksi vuotta TJK puuttuu	OPSO	Suoritettu ATO osp	Suoritettu YTO osp	Viimeisestä arvosanasta yli vuosi	Opiskellut yli 2 vuotta ATOja puuttuu yli 50%	Opiskellut yli 2 vuotta, YTOja puuttuu	ERTU
0,07	3	38,75 %				25	33		-82,8 %	-5,7 %	Ei

KUVA 9. Ohjausta tarvitsevan opiskelijan tiedot näkymässä.

Kuvassa 10 puolestaan näkyy tietorivi opiskelijasta, jonka todennäköisyys valmistua on todella hyvä. Riviltä pystyy näkemään, että opintoja on suoritettu hyvin. Yhteisiä tutkinnon osia (YTO) vielä puuttuu. Tutkinnon perusteet tunteva katsoja

osaa tulkita, että opiskelijalta puuttuu yksi osaamispiste YTO-opinnoista. On erittäin todennäköistä, että hän tulee valmistumaan.

ANN	Opiskelu-aika vuosina aloituksesta tähän päivään	Poissaolo% viimeisen vuoden ajalta	HOKS:n päivityksestä yli 180 päivää	Opiskelun aloituksesta kaksi vuotta TJK puuttuu	OPSO	Suoritettu ATO osp	Suoritettu YTO osp	Viimeisestä arvosanasta yli vuosi	Opiskellut yli 2 vuotta ATOja puuttuu yli 50%	Opiskellut yli 2 vuotta, YTOja puuttuu	ERTU
0,55	3	1,20 %				105	55		▲ -27,0 %	▲ -3,7 %	Ei
0,85	3	15,86 %				145	34			▲ -2,9 %	Ei

KUVA 10. Valmistuvan opiskelijan tiedot näkymässä.

Näkymän ANN-sarakkeen taustalla oleva ennusteen sisältävä csv-tiedosto vaatii manuaalisen päivittämisen. Tulevaisuudessa näkymästä on tarkoitus saada automaattisesti päivittyvä, mutta ensin pitää selvittää, millaisia teknisiä ratkaisuja mallin ajastettu ajaminen vaatii. Tässä vaiheessa on tarkoitus, että näkymää alkaa koekäyttämään Ammattiopisto Tavastian erityisen tuen koordinaattori.

Näkymän tarkastelu toi hyvin esiin erot eri tutkintojen arvosanojen kirjaamiskäytännöissä. Erilaiset toimintatavat kyllä tiedettiin jo etukäteen, mutta tässä yhteydessä asia sai uudenlaisen merkityksen. Sarakkeeseen "Suoritettu ATO osp" nousee yhteen laskettu osaamispistemäärä suoritetuista ammatillisista tutkinnon osista. Tiettyjen alojen opiskelijoilla osaamispistemäärä tässä sarakeessa on todella pieni, vaikka on opiskeltu jo kolme vuotta. Näillä aloilla ammatillisten tutkinnon osien arvosanat kirjataan jostakin syystä vasta lähellä opiskelijan valmistumista. Tämän takia ennuste näyttää tällaisten alojen opiskelijoille liian pientä lukemaa.

## 7 POHDINTA

Työn tekemisen lähtökohtana oli Ammattiopisto Tavastian asettama tutkimuskysymys ”Voiko tekoälyä hyödyntää Ammattiopisto Tavastian ohjausresurssien kohdentamisessa?”. Kuten aiemmin tässä asiakirjassa on todettu, tiedon hyödyntämisen lähtökohta on se, että tarvittava tieto on lähdejärjestelmässä ja että se on ehyttä. Tähän työhön tarvittava tieto oli Ammattiopisto Tavastian opiskelijahallintojärjestelmässä asianmukaisesti tallennettuna.

Tekoälyalgoritmien opettaminen hoitui iteroiden monen yrityksen ja erehdyksen kautta. Opetettujen mallien hienosäätöä voisi olla tarpeen tehdä, mutta se vaatisi työn tekijältä syvempää osaamista algoritmien parametreista ja niiden hyödyntämisestä tai ulkopuolisen konsultin käyttöä.

Ammattiopisto Tavastian toimijoiden kanssa keskusteltiin siitä, antaako tällainen ennuste lisäarvoa opiskelijan tilanteen tulkintaan. Tähän ei vielä ole vastausta, vaan se nähdään vasta, jos nyt toteutettu näkymä otetaan aktiiviseen käyttöön. Keskustelussa pohdittiin myös sitä, antaako ennuste jotakin sellaista, mitä ei taulukon muiden sarakkeiden perusteella pystyisi päättämään. Positiivisena nähtiin se, että laskettu ennuste todennäköisesti ohjaa tarkastelemaan listalta ensisijaisesti niitä, joilla ennusteen lukuarvo on pieni ja opiskeluaika on kaksi vuotta tai enemmän. Samalla nousi esiin monia kysymyksiä liittyen henkilöiden luokittelun etiikkaan: Onko eettisesti oikein luokitella opiskelijoita potentiaalisiin eroajiin/valmistujiin? Kenellä on oikeus nähdä ennuste ja tehdä siitä tulkintoja? Ohjaako ennuste liikaa? Voiko jotakin jäädä huomaamatta? Lisäksi on tärkeää muistaa, että oppilaitoksen on pystyttävä osoittamaan, että se noudattaa tietosuojalainsäädännön mukaisia tietosuojaperiaatteita henkilötietojen käsittelyssä.

Ennusteen laskemisen tavoitteena ei ole eksaktisti tietää tuleeko opiskelija valmistumaan vai ei, vaan sillä tavoitellaan mahdollisuutta pystyä tunnistamaan ohjauksen tarpeessa olevat opiskelijat. Toteutetun näkymän osalta toivotaan, että siitä olisi apua juuri tähän tarpeeseen. Jo muutaman tarkastelukerran jälkeen on todettu, että yhdeksi tiedoksi näkymään olisi hyvä nostaa opiskelijalle suunniteltu opiskeluaika. Toisen asteen opiskelijoiden opintopolut ovat hyvin yksilöllisiä,

minkä vuoksi lähelle nolaa jäävä ennuste kolme vuotta opiskelleella opiskelijalla ei välttämättä tarkoita sitä, että opiskelija ei valmistuisi. Monelle tuen tarpeessa olevalle opiskelijalle on suunniteltu joustavampi opintojen eteneminen. Tekoälyn kouluttaminen, toteutettuna niin kuin se tässä työssä on tehty, ei tunnista näitä yksilöllisiä polkuja. Niiden tunnistamiseksi täytyisi koneoppimismallin kouluttamiseen poimittavan datan sisältää toteutuneen opiskeluajan lisäksi suunniteltu opiskelu-aika tai suunnitellun ja toteutuneen opiskeluajan erotus. Suunniteltu opiskelu-aika ei tällä hetkellä jää talteen opiskelijahallintojärjestelmään, vaan käytettävissä on ainoastaan toteutunut opiskelu-aika. Jotta tieto suunnitellusta opiskelu-ajasta saataisiin kerättyä, tulisi opiskeluajan kirjaamiskäytäntöjä muuttaa.

Valittaessa tietoja, joita tekoälyn kouluttamiseen käytettiin, Ammattiopisto Tavastiassa nousi kiinnostus analysoida enemmän ja tarkemmin eronneiden opiskelijoiden eroamiseen johtaneita syitä. Ehkä tarkempaan eroamisen syiden analysointiin tullaan pureutumaan vielä PowerBI:n tarjoamin analysointikeinoin, joita Anu Halttunen omassa opinnäytetyössään (Halttunen, 2019) ansiokkaasti on tuonut esiin.

Lopullinen vastaus tutkimuskysymykseen, voidaanko tekoälyä hyödyntää Ammattiopisto Tavastian ohjausresurssien kohdentamisessa, saadaan sitten, kun kertyy kokemusta Ammattiopisto Tavastialle tehdyn näkymän käytöstä.

## LÄHTEET

Ammatillisen koulutuksen laatupalkinto. 2022. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Viitattu 18.5.2023. <https://okm.fi/-/ammattillisen-koulutuksen-laatupalkinnot-lounais-hameen-koulutuskuntayhtymalle-ja-perho-liiketalousopisto-oy-lle>

Anaconda distribution. n.d. Anaconda documentation. Viitattu 18.5.2023. <https://docs.anaconda.com/anaconda/>

Digi- ja teknologiaohjelma. n.d. Koulutuskuntayhtymä Tavastia. Viitattu 18.5.2023. <https://kktavastia.tweb.fi/3/192889>

Hallitusohjelma. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Valtioneuvosto. 2019:31. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-808-3>

Halttunen, A. 2019. Power BI opintojen keskeyttämisen ehkäisyssä. Case: Valkeakosken seudun koulutuskuntayhtymä. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö. Viitattu 18.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019112722913>

Johto ja henkilöstö. n.d. Koulutuskuntayhtymä Tavastia. Viitattu 18.5.2023. <https://www.kktavastia.fi/tietoa-tavastiasta/toiminta-ja-talous/johto-ja-henkilosto/>

Korhonen, N., Rinne, S. ja Äikäs, M. 2021. Kokemuksia tekoälyn kehittämisestä opinto ja uraohjauksen avuksi. Älykäs ohjaus hanke. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-403-4>

Kujansuu E. 2022. CNN-johdanto-opetusmateriaali. TAMK-moodle. Viitattu 18.5.2023

Kärkkäinen, T., Taipale, K. & Vartiainen, M. 2023. Hyvän ohjauksen kriteerit. Opetushallitus. Viitattu 18.5.2023. <https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/hyvan-ohjauksen-kriteerit-0>

Laki ammatillisesta koulutuksesta 11.8.2017/531. Viitattu 18.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170531>

Oppilas- ja opiskelijahuoltolaki 30.12.2013/1287. Viitattu 18.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131287#Pidm45237816888592>

Oppimisanalytiikan viitekehys: Hyvät käytännöt oppimisanalytiikan käyttöön-otossa ja hyödyntämisessä. Oppimisanalytiikkajaosto. Opetus ja kulttuuriministeriö. Opetus ja kulttuuriministeriön julkaisu 2021:36. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-842-7>

Oppivelvollisuuslaki 30.12.2020/1214. Viitattu 18.5.2023. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20201214>

Pedagoginen ohjelma. n.d. Ammattiopisto Tavastia. Viitattu 18.5.2023.

<https://kktavastia.tweb.fi/3/192887>

Pärnänen, A. 2021. Tekoälyn hyödyntäminen ammatillisessa opetuksessa koulutuksen järjestäjän näkökulma. Tietojenkäsittelytiede. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu -tutkielma. Viitattu 18.5.2023. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ju-202112105916>

Raerinne, E. 2020. Tiedonlouhinta opintojen ohjauksen ja suunnittelun apuna. Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta. Tampereen yliopisto. Pro gradu -tutkielma. Viitattu 18.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202005155379>

Rukshan, P. 2022. All You Need to Know about Batch Size, Epochs and Training Steps in a Neural Network. Data Science 365. Viitattu 18.5.2023. <https://medium.com/data-science-365/all-you-need-to-know-about-batch-size-epochs-and-training-steps-in-a-neural-network-f592e12cdb0a>

Sandeep, R. 2020. Mastering Random Forests: A comprehensive guide. Towards Data Science. Viitattu 18.5.2023. <https://towardsdatascience.com/mastering-random-forests-a-comprehensive-guide-51307c129cb1>

Sklearn documentation. n.d. Machine Learning in Python guide. Decision Trees. Viitattu 18.5.2023. <https://scikit-learn.org/stable/modules/tree.html>

Spyder documentation. n.d. Spyder. Viitattu 18.5.2023.

<https://docs.spyder-ide.org/current/index.html>

Statistics How To. n.d. Viitattu 18.5.2023. <https://www.statisticshowto.com/>

Strategia. n.d. Koulutuskuntayhtymä Tavastia. Viitattu 18.5.2023.

<https://www.kktavastia.fi/tietoa-tavastiasta/toiminta-ja-talous/strategia/>

Tuominen, Heli. 2023. Johdatus tekoälyn taustalla olevaan matematiikkaan. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 18.5.2023. <https://tim.jyu.fi/view/143092#DKUvbnUu-GytQ>

Valovuori, S. 2020. Opinto- ja uraohjauksen digitaalisuuden kehittäminen. Case: Älykäs ohjaus -hanke. Älykkäät palvelut digitaalisessa toimintaympäristössä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020110222097>

Valtioneuvoston koulutuspoliittinen selonteko. Valtioneuvoston julkaisuja 2021:24. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-622-8>

Yugesh, V. 2021. A Complete Understanding of Dense Layers in Neural Networks. AIM. Viitattu 18.5.2023. <https://analyticsindiamag.com/a-complete-understanding-of-dense-layers-in-neural-networks/>