



Generatiivisen tekoälysovelluksen käytettävyys ja osaamisen kehittäminen

Anssi Sirkiä

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Opinnäytetyö
2025

Tiivistelmä

Tekijä(t) Anssi Sirkiä
Tutkinto Tietojenkäsittelyn tradenomi
Raportin/Opinnäytetyön nimi Generatiivisen tekoälysovelluksen käytettävyys ja osaamisen kehittäminen
Sivu- ja liitesivumäärä 42 + 0
<p>Tämän tutkimustyyppisen opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa käyttöhaasteita, joita käyttäjät kohtaavat erityisesti mediaa tuottavien generatiivisten tekoälymallien käytössä, sekä kartoittaa ratkaisumalleja näihin haasteisiin. Tutkimus toteutettiin toimeksiantajayritykselle Kimara.ai ja sen tarkoituksena oli tarjota luotettavaa ja ajankohtaista tietoa palvelun kehittämisen ja käyttöliittymäsuunnittelun tueksi, erityisesti uusien käyttäjien kohtaamat haasteet huomioiden.</p> <p>Opinnäytetyön tietoperusta jaettiin kahteen pääluokkaan. Ensimmäisessä luvussa tarkasteltiin generatiivisen tekoälyn perusteita sekä perehdyttiin ComfyUI-järjestelmän toimintaperiaatteisiin ja generatiivisen tekoälyn tarjoamiin liiketoiminnallisiin mahdollisuuksiin. Tutkimusaiheen kokonaiskuvan muodostamiseksi toisessa luvussa käsiteltiin verkkosivujen käytettävyyden sekä liiketoimintavaatimusten periaatteita.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä käytettiin narratiivista kirjallisuuskatsausta, joka toteutettiin alkuvuodesta 2025. Tutkimuksen aineisto kerättiin systemaattisesti digitaalisista tietokannoista, kuten Google Scholar, Haaga-Helian Finna sekä alakohtaisista tietokannoista. Hakuprosessissa keskityttiin generatiivisen tekoälyn käyttöhaasteisiin sekä käytettävyyteen ja käyttöliittymäsuunnitteluun. Aineiston analysoinnissa hyödynnettiin temaattista luokittelua ja käsittekarttametodologiaa, mikä mahdollisti aiheiden jäsentämisen ja kokonaisuuksien hahmottamisen. Tutkimus rajattiin käsittelemään palvelun loppukäyttäjän käyttökokemusta, jättäen saavutettavuuden, visuaalisen estetiikan ja tekniset toteutukset tarkastelun ulkopuolelle.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksen tuloksena tunnistettiin viisi keskeistä käyttöhaastetta: käyttöliittymän monimutkaisuus, tekstisyötteiden muodostamisen haasteet, generatiivisen tekoälyn ennustamattomuus, käyttäjän mentaalimallin kehittämisen haasteet sekä teknisen osaamisen vaatimukset. Ratkaisumalleiksi näihin haasteisiin havaittiin käyttäjäkeskeisen suunnittelun periaatteiden soveltaminen, vuorovaikutteisten oppimismekanismien kehittäminen sekä käyttäjän hallintamahdollisuuksien lisääminen generointiprosessissa.</p> <p>Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää Kimara.ai:n kehityksen eri vaiheissa, kuten vaatimusmäärittelyssä, käyttöliittymäsuunnittelussa ja testauskriteerien luomisessa. Konkreettisine kehitysehdotuksina esitettiin johdonmukaisen terminologian ja käyttöliittymäelementtien kehittämisen, tekstisyötteiden muodostamisen tukimekanismit, tekoälyn generointivaiheiden visualisointi sekä käyttöliittymän personointi eri käyttäjäryhmille.</p>
Asiasanat käytettävyys, tekoäly, genAI, käyttöliittymät

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tavoitteet	1
1.2	Menetelmät ja rajaus	2
1.3	Käsitteet	3
2	Generatiivinen tekoäly	5
2.1	Generatiivisen tekoälyn perusteet	5
2.2	ComfyUI	7
2.3	Generatiivisen tekoälyn liiketoiminnalliset mahdollisuudet	9
3	Käyttäjäkokemus ja liiketoimintavaatimukset generatiivisen tekoälyn järjestelmissä	12
3.1	Käytettävyys ja käyttäjäkokemus	12
3.2	Liiketoimintavaatimusten yhteys käytettävyyteen	14
4	Kirjallisuuskatsauksen toteutus	17
4.1	Narratiivinen kirjallisuuskatsaus	17
4.2	Teoreettisen ja empiirisen ympäristön kartoitus	18
4.3	Kirjallisuuskatsauksen toteutusvaiheet	19
5	Kirjallisuuskatsauksen tulokset	22
5.1	Käyttöliittymän monimutkaisuus	22
5.2	Tekstisyötteiden muodostamisen haasteet	24
5.3	Generatiivisen tekoälyn ennustamattomuus käytettävyyden haasteena	25
5.4	Käyttäjän mentaalimallin kehittämisen haasteet	26
5.5	Teknisen osaamisen vaatimukset	27
5.6	Ratkaisumalleja käyttöhaasteisiin	28
5.7	Kirjallisuuskatsauksen tulosten analysointi	29
6	Pohdinta	31
6.1	Tutkimuksen ajankohtaisuus ja tarpeellisuus	31
6.2	Vastuullisuuden näkökulmat	32
6.3	Tutkimuksen hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet	33
6.4	Tutkimuksen luotettavuus	35
6.5	Osaamisen kehittyminen opinnäytetyöprosessin aikana	36
	Lähteet	38

1 Johdanto

Onnistunut käyttäjäkokemus on parhaimmillaan näkymätöntä, eli käyttäjä ei kiinnitä huomiota sujuvasti toimivaan tuotteeseen tai palveluun (Rubin, Chisnell & Spool 2008, 6). Rubin ja kumppanit toteavat käytettävyyden ilmenevän jatkumona, jossa käyttäjätutkimuksen ammattilaiset keskittyvät tyypillisesti suunnitteluongelmien eliminointiin ja käyttäjien turhautumisen minimointiin. Ironisesti käytettävyyttä ei kuitenkaan voida varsinaisesti mitata, ainoastaan käytettävyysoongelmia, kuten kuinka paljon haasteita käyttäjät kohtaavat, millaisia nämä haasteet ovat ja mistä ne johtuvat. Tämä näkökulma on erityisen merkityksellinen nykypäivän teknologisessa ympäristössä, jossa nykyisin käyttäjillä on usein vähäinen tekninen osaamistaso, rajallinen kärsivällisyys ongelmien selvittämiseen ja täysin erilaiset odotukset kuin suunnittelijoilla. Käytettävyyden suunnittelu on kuitenkin haastava ja ennalta-arvaamaton tehtävä, jota monet organisaatiot käsittelevät virheellisesti pelkkänä maalaisjärkenä. (Rubin ym. 2008, 6–9.)

Vaikka edellä siteeratun kirjan julkaisusta on jo seitsemäntoista vuotta, lienee turvallista väittää heidän havaintonsa pitävän yhä paikkansa. Vacantin ja kumppanien mukaan generatiivisen tekoälyn nopea yleistyminen on tuonut merkittävän määrän käyttäjiä tekoälypalveluiden pariin. Tämä kehitys on korostanut tarvetta luoda aiempaa intuitiivisempia ja helppokäyttöisempiä käyttöliittymiä monimutkaisille tekoälyjärjestelmille, sillä vaikka nykyään nämä työkalut ovat periaatteessa kaikkien saatavilla, niiden potentiaalin hyödyntäminen vaatii usein erityistä osaamista. Haasteena ei ole ensisijaisesti järjestelmien käyttötarkoitus, vaan kommunikaatiotaitojen puute käyttäjän ja järjestelmän välillä, jolloin tekoälyn tuottamat lopputulokset eivät vastaa käyttäjän toiveita. (Vacanti, Burlando, Paz Ortiz ja Menichinelli 2024, luku 1.3.)

Opinnäytetyössä on tekstin jäsentelyn tukena hyödynnetty generatiivista tekoälyä harkitusti. Tekoälyn käytössä on otettu tietosuoja- ja tekijänoikeustekniset seikat huomioon ja sitä on hyödynnetty vastuullisesti, eikä tekoälyn tuottamaa sisältöä ole käytetty lähdemateriaalina.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen toimeksiantajayritys, Kimara.ai on vuonna 2024 perustettu suomalainen tekoälymarkkinoilla toimiva startup-yritys. Yritys on erikoistunut ComfyUI-teknologiaan perustuvaan digitaaliseen markkinapaikkaan, joka tuo yhteen sisällöntuottajat ja ostajat. Kimara.ai:n ydintoiminta rakentuu alustan tarjoamiseen, joka mahdollistaa ComfyUI-asiantuntijoiden ja tekoälypohjaisen mediasisällön kohtaamisen digitaalisessa ympäristössä. Markkinapaikka luo kaksipuolisen ekosysteemin, jossa ComfyUI-osaajat voivat monetisoida kehittämiään ComfyUI-workfloweja ja ratkaisuja, samalla kun ostajat saavat käyttöönsä valmiita, ammattimaisia tekoälytyökaluja eri mediasisältöjen tuottamiseen. Tutkimuksen tekijä työskentelee

toimeksiantajayrityksessä ja on kehittänyt osaamistaan sekä käyttöliittymän, että taustajärjestelmien kehittämisessä.

Tutkimuksen tavoitteena on toimia luotettavana ohjenuorana Kimara.ai-palvelun kehittämisen ja käyttöliittymäsuunnittelun tukena. Generatiivisen tekoälyn käyttöliittymien kehittämisen on havaittu vaativan erityistä ymmärrystä haasteista, joita käyttäjät kohtaavat käyttäessään tekoälyjärjestelmiä. Tämän vuoksi empiirisen tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa kirjallisuudesta jo havaittuja käyttöhaasteita sekä niihin liittyviä ratkaisumalleja kehitystyön tueksi.

Tutkimuksessa keskitytään erityisesti generatiivisten tekoälymallien käyttäjäkokemukseen ja niiden asettamiin erityisvaatimuksiin käyttöliittymäsuunnittelussa. ComfyUI-teknologia, johon kehitettävä palvelu perustuu, edustaa edistynyttä generatiivisen tekoälyn työkalua ja järjestelmää, jonka hyödyntämiseen käytettävän käyttöliittymän suunnittelussa on huomioitava sekä asiantuntijoiden, että uusien käyttäjien tarpeet. Tämän vuoksi tutkimus pyrkii kartoittamaan käytettävyyden kannalta oleellisia tekijöitä erityisesti uusien käyttäjien näkökulmasta seuraavien tutkimuskysymysten avulla:

1. Millaisia käyttöhaasteita generatiiviset tekoälymallit aiheuttavat?
2. Miten havaittuja käyttöhaasteita voidaan poistaa tai lieventää?

Näihin kysymyksiin vastaamalla empiirinen tutkimus pyrkii tuottamaan konkreettista ja sovellettavissa olevaa tietoa Kimara.ai-palvelun kehitystyön tueksi. Tutkimuksen tuloksia on tavoitteena hyödyntää palvelun jatkokehityksessä käyttäjälähtöisen suunnittelun ja käyttäjien osaamisen kehittämisen periaatteiden mukaisesti.

1.2 Menetelmät ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteiden pohjalta tutkimusmenetelmäksi valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus, joka määritellään Salmisen (2023, 8) mukaan yhdeksi kolmesta kuvailevan kirjallisuuskatsauksen suuntauksista kartoittavan ja integroivan menetelmän ohella. Menetelmässä ei sovelleta yhtä tarkkoja kriteerejä tiedonhaun ja lähdeaineiston valinnan suhteen kuin muissa vastaavissa menetelmissä. Kyseinen menetelmä mahdollistaa kattavan yleiskuvan muodostamisen tutkittavasta aiheesta sekä viitekehityksen kehittämisen tutkimukselle, jonka kautta voidaan tunnistaa tutkimuskohteita ja niiden asiayhteyksiä. (Vilkkä 2023, luku 1.2.) Vaihtoehtoisena tutkimusmenetelmänä harkittiin systemaattista kirjallisuuskatsausta sen näyttöön perustuvan päätöksenteon ja optimaalisten toimintamallien kartoitusominaisuuksien vuoksi, mutta sitä ei laajuutensa vuoksi suositella yksin toteutettavaan opinnäytetyöhön (Salminen 2023, 16; Vilkkä 2023, luku 1.2). Tutkimuskohteen ollessa suhteellisen uusi ja nopeasti kehittyvä, voidaan katsoa valitun menetelmän tarjoavan lähdeaineiston osalta joustavan, mutta laadukkaan lähestymistavan tutkimuksen toteuttamiseksi.

Tutkimuksen aineisto kerättiin määrittelemällä alustavat hakutermit, joiden perusteella tehtiin hakuja eri tietokannoista. Pääasiallisena tietokantana aineiston keruussa hyödynnettiin Haaga-Helian Finnaa sen tarjoaman suodatusvaihtoehdon vuoksi, jolla saadaan vain vertaisarvioitua verkkoartikkelit tuloksiin. Aineiston keräämisen ensimmäisessä vaiheessa otettiin talteen 22 vertaisarvioitua tutkimusartikkelia, joihin perehdyttiin syvällisemmin. Aineistosta karsittiin pois artikkelit, jotka eivät olleet tutkimuksen kannalta relevantteja, eli eivät täyttäneet valintakriteereitä, jotka määritellään luvussa 4.3. Jäljelle jääneistä artikkeleista kerättiin muistiinpanot ja niiden keskeisimmät havainnot merkittiin muistiinpanoihin avainsanojin, sekä linkityksin muihin artikkeleihin. Hakuprosessi toistettiin neljä kertaa, joista yhdellä hakukierroksella keskityttiin vain väitöskirjatutkimuksiin, sekä toisella vain asiantuntijayritysten tutkimusraportteihin. Seuraavilla hakukierroksilla aineiston keruu keskittyi tutkimusartikkeleihin, sillä niiden havaittiin tarjoavan määrällisesti enemmän näkökulmia tutkimukselle. Hakusanoja muokattiin aineiston keruun aikana vastaamaan aiempien kierrosten aikana havaittuja keskeisiä teemoja. Aineiston keruun jälkeen lopullista tutkimusta varten kerättynä oli kuusitoista kappaletta lähdeaineistoa, joka on mainittavan pieni osa tarkastellusta kirjallisuudesta.

Tutkimus rajataan palvelun loppukäyttäjän käyttökokemukseen. Saavutettavuutta, visuaalista estetiikkaa, sekä teknisiä toteutuksia empiirisessä tutkimuksessa ei huomioida. Tutkimus ei myöskään keskity vertailemaan kehitettävää palvelua muihin vastaaviin järjestelmiin, vaan havaintoja tehdään kirjallisuuden kautta. Tässä tutkimuksessa generatiivisella tekoälyllä viitataan sellaisiin malleihin, jotka tuottavat muun muassa kuva-, video-, tai äänimediaa, eikä esimerkiksi suuriin kielimalleihin.

1.3 Käsitteet

Neuraaliverkko (Neural Network)	Aivojen toiminnasta inspiraationsa saanut laskennallinen malli, joka koostuu toisiinsa kytketyistä "neuroneista" järjestettynä kerroksiin. Vähintään yksi kerroksista on piilotettu. (NIST, 2024.)
Computer Vision	Digitaalinen teknologia, joka mahdollistaa tietokoneille kyvyn "nähdä" ja tulkita visuaalista maailmaa kameroiden ja sensorien avulla. Sen avulla koneet voivat tunnistaa kohteita ja ymmärtää kuvia. (NIST, 2024.)
NLP (Natural Language Processing)	Tekoälyn ala, joka keskittyy ihmiskielen käsittelyyn, analysointiin ja tuottamiseen. NLP mahdollistaa koneiden

ymmärtää ja tuottaa puhuttua, kirjoitettua tai viitottua kieltä. (NIST, 2024.)

GAN (Generative Adversarial Network)	Syväoppimismenetelmä, jossa kaksi neuroverkkoa kilpailee keskenään, toinen luo uutta sisältöä ja toinen arvioi sen aitoutta. Tämän kilpailun tuloksena malli oppii tuottamaan uskottavaa dataa, joka muistuttaa alkuperäistä aineistoa. (NIST, 2024.)
Suuri kielimalli (LLM)	Large language model. Valtavilla tekstimäärillä koulutettu syväoppimismalli, joka osaa käsitellä ja tuottaa luonnollista kieltä. LLM-mallit oppivat kielen rakenteita ja merkityksiä suuresta datamäärästä. (NIST, 2024.)
Diskriminatiivinen tekoälymalli	Malli, joka on koulutettu luokittelemaan ja tunnistamaan ominaisuuksia syötetystä datasta. Se esimerkiksi osaa erottaa, onko teksti ihmisen vai tekoälyn tuottama. (NIST, 2024.)
Generatiivinen tekoälymalli	Malli, joka tuottaa uutta sisältöä, kuten tekstiä, kuvia tai ääntä, oppimiensa rakenteiden perusteella. Se pyrkii ennustamaan, millainen sisältö olisi luonnollinen vastaus annettuun tehtävään. (NIST, 2024.)

2 Generatiivinen tekoäly

Tietoperustaan on sisällytetty kaksi tutkimuksellista teemaa, jotka on kuvattu lähdeaineistoa ja etenkin vertaisarvioituja lähteitä käyttäen seuraavassa kahdessa luvussa. Luvussa kaksi kuvataan tarkemmin generatiivinen tekoäly, joka edustaa tekoälyn osa-aluetta, joka keskittyy uuden sisällön luomiseen, toisin kuin yleisemmät diskriminatiiviset tekoälymallit. Generatiiviset tekoälymallit kykenevät tuottamaan kokonaan uutta sisältöä, kuten tekstiä, kuvia ja videokuvaa. (Stratis 2023, Introducing Generative AI.) Tässä luvussa keskitytään erityisesti kuvien tuottamiseen keskittyviin generatiivisiin tekoälymalleihin, sekä avataan laajemmin generatiivisen tekoälyn kehitystä ja teknologioiden välisiä yhteyksiä ja seuraavassa luvussa perehdytään käyttäjäkokemukseen, sekä liiketoimintavaatimuksiin. Lukujen kaksi ja kolme tietoperusta on valittu perusteina, jotka tukevat tutkimuksen lähestymistapaa generatiivisen tekoälyn käyttöhaasteisiin sekä teknologisesta, että käyttäjälähtöisestä näkökulmasta. Lisäksi alaluvun 2.3 katsaus liiketoiminnallisiin mahdollisuuksiin toimii tutkimuksen tarpeellisuuden tukena. Tietoperustan jakaminen lukuihin kaksi ja kolme mahdollistaa generatiivisen tekoälyn teknisten ominaisuuksien ja tarkastelun, sekä niiden liittämisen käyttäjäkokemuksen kysymyksiin ja liiketoiminnallisiin vaatimuksiin. Lisäksi nämä kaksi teoria-aluetta on valittu saadaksemme vastauksia tutkimuskysymyksiin ”millaisia käyttöhaasteita generatiiviset tekoälymallit aiheuttavat”, sekä ”miten havaittuja käyttöhaasteita voidaan poistaa tai lieventää”, joita haetaan empiirisen tutkimuksen kautta luvussa viisi. Näillä kohdilla on vaikutusta oletettaviin ja saataviin tuloksiin, sillä ne luovat perustan käyttöhaasteiden tunnistamiselle, kategorisoimiselle ja ratkaisumallien tunnistamiselle generatiivisen tekoälyn järjestelmien käytettävyyden parantamiseksi erityisesti toimeksiantajayrityksen näkökulmasta.

2.1 Generatiivisen tekoälyn perusteet

Generatiivisen tekoälyn juuret ulottuvat aina 1950-luvulle, jolloin Alan Turing esitti ajatuksen koneista, jotka voisivat ajatella, sekä tuottaa luovaa tekstimuotoista sisältöä (Turing 1950). Vaikka käytännön toteutukset ovat kehittyneet merkittävästi vasta viime vuosikymmeninä syvien neuraaliverkkojen kehityttyä, jo 1970-luvulla on kehitetty ohjelmistoja, jotka kykenevät tuottamaan visuaalista taidetta (Stratis 2023, A Brief History of Generative AI).

Kuvien generoinnin näkökulmasta yksi suurimmista läpimurroista tapahtui vuonna 2014, kun Goodfellow kollegoineen esitteli GAN-arkkitehtuurin, joka koostuu yhden neuraaliverkon sijaan kahdesta ”kilpailevasta” neuraaliverkosta. Toinen neuraaliverkko toimii generaattorina, joka vastaa visuaalisen lopputuloksen luomisesta, sekä diskriminatiivisesta mallista, jonka tehtävänä on arvioida generoidun kuvan aitoutta. (Goodfellow ym. 2014, 1–2.) Tämä kilpailuasetelma mahdollistaa molempien neuraaliverkkojen tehokkaan kehittämisen. Yang ja kumppanit (2024, 21) kuitenkin huomauttavat,

ettei GAN-mallin tarvitse välttämättä koostua neuraaliverkoista, vaan siinä voidaan hyödyntää myös muita differentiaalisen järjestelmän muotoja.

Vuonna 2017 Google esitteli Transformer-arkkitehtuurin, joka oli huomattava kehitysaskel luonnollisen kielen käsittelyssä ja mahdollisti suurimpien nykyisten tekstiä tuottavien mallien kehittymisen. Vaikka kyseessä on alun perin tekstin käsittelyyn ja tuottamiseen kehitetty menetelmä, sitä on sovellettu myös tekstisyöte pohjaiseen kuvien generointiin. (Stein 2024; Vaswani ym. 2023.)

Diffuusiomallien nousu uudeksi huipputeknologiaksi syvien generatiivisten mallien tarjonnassa syrjäytti GAN-arkkitehtuurin pitkäaikaisen valta-aseman kuvien syntetisoinnissa. Diffuusiomallit ovat todennäköisyyspohjaisia malleja, joiden koulutusprosessi perustuu datan häivyttämiseen syöttämällä siihen kohinaa, jonka jälkeen malli opettelee uudelleenrakentamaan alkuperäisen datan entiselleen käänteisellä prosessilla. Näiden mallien käyttömahdollisuudet eivät rajoitu vain kuvan, videon tai äänen tuottamiseen, vaan diffuusiomalleja voidaan käyttää muun muassa konenäössä (Computer vision) ja luonnollisen kielen käsittelyssä (NLP). (Yang ym. 2024, 3–5.)

Visuaalisen median tuottamisessa diffuusiomallit, kuten Stable Diffusion ovat osoittautuneet erittäin tehokkaiksi menetelmiksi. Generointiprosessi perustuu kohinanpoistoprosessiin, jossa täysin satunnaiseen kohinaan lisätään askeleittain rakennetta, kunnes lopputuloksena on merkityksellinen kuva. Prosessia voidaan ohjata esimerkiksi tekstisyötteellä, joka määrittelee mitä ominaisuuksia lopullisessa kuvassa halutaan nähdä. (Podell ym. 2023, 2–11; Yang ym. 2024, 25.)

Koska Stable Diffusion -perheen mallit ovat avoimen lähdekoodin tekoälymalleja, (Phoenix & Taylor 2024, luku 9; Podell ym. 2023, 2) niitä voi vapaasti käyttää joko pilvipalveluissa tai omalla laitteistolla, mikäli näytönohjaimen vaatimukset riittävät. Kuitenkin omien prosessien ohjelmoiminen ja käyttöliittymän rakentaminen voi olla turhan vaativaa, ellei käyttäjällä ole edistynyttä osaamista, tai mikäli tarkoituksena ei ole kehittää omaa palvelua. Ohjelmointitaidot eivät kuitenkaan välttämättömyys Stable Diffusion -mallien käyttämiseksi. Yksinkertaiseen Stable Diffusion -mallien käyttöön Stability AI tarjoaa verkkopalveluna Dream Studio -käyttöliittymän, jota voi käyttää myös maksullisen rajapinnan kautta. (Phoenix & Taylor 2024, luku 9.)

Phoenix ja Taylor mainitsevat kuitenkin Dream Studion rajoitteeksi sen muokattavuuden rajallisuuden ja kertovat tehokäyttäjien suosittavan tyypillisesti verkkopohjaista käyttöliittymää AUTOMATIC1111, joka hyödyntää avoimen lähdekoodin yhteisön luomia laajennuksia ja lisäosia. Edistyneemmille käyttäjille kirjailijat suosittavat toista vastaavaa, kuitenkin huomattavasti monimutkaisempaa vaihtoehtoa, ComfyUI:ta, sillä se tarjoaa käyttäjille vielä enemmän mahdollisuuksia generointiprosessin hallintaan. (Phoenix & Taylor 2024, luku 9.)

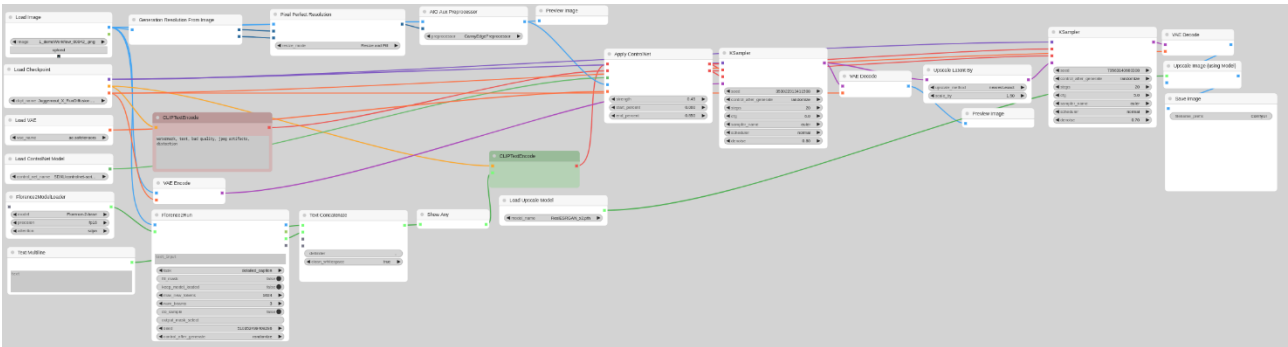
2.2 ComfyUI

ComfyUI:hin ja sen hyödyntämiin generatiivisen tekoälyn menetelmiin on perehdytty syvällisesti työskenneltäessä toimeksiantajayrityksessä, jossa järjestelmää käytetään säännöllisesti kehitettävän palvelun loppukäyttäjän tavoin mediaa tuottavien workflowien luomiseen. Lisäksi tutkimuksen tekijä on kehittänyt IT-palvelun tarpeisiin vastaavia kustomoituja noodeja python-ohjelmointikielellä, sekä automatisoinut ladattavien workflowien parsimista käyttötarkoitukseen sopivaksi. Tämä työkokemus ei ainoastaan tue palvelun kehittämistä, vaan tarjoaa lisäksi arvokasta näkemystä kehitettävän palvelun, sekä ComfyUI:n käytettävyydestä ja sen haasteista. Näiden osa-alueiden mahdollistaa teknisen osaamisen ja käytännön kokemuksen yhdistämisen empiirisen tutkimuksen tueksi.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen valinnan perusteiden ymmärtämiseksi tässä luvussa tarkastellaan olennaisimpia käsitteitä, jotka muodostavat kokonaiskuvan ComfyUI:n, sekä muiden vastaavien generatiivisen tekoälyn järjestelmien toiminnasta ja niiden eri osa-alueiden ja käyttämien teknologioiden vuorovaikutuksesta kokonaisuutena. Toisen tutkimuskysymyksen valintaa tukevia aiheita käsitellään tarkemmin tietoperustan luvussa kolme, mutta käsitteiden ymmärtäminen, sekä käsitys niiden käyttämisestä malleista, parametreista ja ominaisuuksista mahdollistaa kattavan kokonaiskuvan aiheesta myös toisen tutkimuskysymyksen näkökulmasta. Vaikka empiirinen tutkimus kirjallisuuden rajallisuuden vuoksi ei kohdistuisi suoranaisesti ComfyUI:hin, vaan kehitettävän palvelun tuottamaan abstraktiokerroksen käytettävyyden näkökulmaan, on järjestelmän taustalla toimivan arkkitehtuurin ymmärtäminen arvokasta, jotta voidaan ymmärtää kehitettävän palvelun merkityksen ja tarpeellisuuden perusteet.

ComfyUI on avoimen lähdekoodin alusta generatiivisen tekoälyn prosessien suunnitteluun ja suorittamiseen. Se perustuu visuaaliseen ohjelmointimalliin, jossa käyttäjät rakentavat graafeja, joita ComfyUI:ssa kutsutaan workfloweiksi yhdistelemällä toiminnallisia komponentteja eli noodeja. Nämä workflow't esitetään käyttöliittymässä suunnattuina syklittöminä verkkoina (directed acyclic graphs), jota havainnollistetaan kuvassa 1 (kuva 1, 8). Tämä lähestymistapa muistuttaa enemmän media-alan ammattilaisten käyttämiä työkaluja, kuin perinteisiä tekoälysovelluksia. ComfyUI:n noodipohjainen rakenne mahdollistaa joustavamman ja tehokkaamman tavan hallita generatiivisen tekoälyn prosessia, verrattuna perinteisiä käyttöliittymäratkaisuja käyttöviin järjestelmiin. Korkean taason visuaalinen ohjelmointiympäristö mahdollistaa monimutkaisten järjestelmien kehittämisen

esimerkiksi kuvien, videoiden, äänitiedostojen ja 3d-mallien luomiseen, joka ei vaadi käyttäjältä ohjelmointitaitoja. (ComfyUI s.a., workflow; Xue ym. 2024, 3.)



Kuva 1. Kuvakaappaus ComfyUI:n käyttöliittymästä

Järjestelmän arkkitehtuuri on kaksikerroksinen. Käyttäjälle näkyvä visuaalinen verkostorakenne edustaa vaikealukuisempaa JSON-pohjaista tietorakennetta, joka kuvaa workflow'n teknistä toiminnallisuutta (Xue ym. 2024, 3). Käyttäjät voivat myös jakaa luomiaan workflowjeaan JSON-muodossa, jonka lisäksi ComfyUI:lla generoidut kuvat sisältävät metatiedoissaan generointiin käytetyn workflow'n tiedot, joka mahdollistaa uusien, vastaavanlaisten kuvien generoimisen yhden kuvan avulla (ComfyUI s.a., Workflow).

ComfyUI:n ekosysteemissä mallit muodostavat perustan kaikille generatiivisille prosesseille. Malleilla tarkoitetaan kaikkia tiedostoja, jotka määrittävät järjestelmän kyvyt, sekä miten ja millaista sisältöä voidaan tuottaa. Generointiprosessi hyödyntää useita erilaisia malleja, joista keskeisimpiä ovat asteittaiseen kohinanpoistoprosessiin perustuvat diffuusiomallit. Mallien käyttö ComfyUI:ssa ei rajoitu vain sisällön luomiseen, vaan myös sen muokkaamiseen, ohjaamiseen ja räätälöintiin erilaisten apumallien avulla. (ComfyUI s.a., Models.)

ComfyUI:n dokumentaation mukaan mallit jaetaan seuraaviin kategorioihin: perusmallit, jatkojalostetut mallit ja apumallit. Perusmallit ovat organisaatioiden, kehittämiä ja julkaisemia suuria, yleiskäyttöön suunniteltuja malleja, jotka ovat usein tiedostokooltaan jopa useita kymmeniä gigatavuja. Yksi esimerkki tekoälymalleja kehittävästä organisaatioista on Stability AI, joka on kehittänyt Stable Diffusion -malliperheen. (ComfyUI s.a., Models; Podell ym. 2023.) Jatkojalostetut mallit ovat generatiivisen tekoälyn yhteisön perusmalleista kehittämiä, usein suorituskyvyltään tehokkaampia sekä tiedostokooltaan kevyempiä malleja. Perusmallia kehittämällä päästään usein laadullisesti parempaan lopputulokseen, tai siten diffuusiomallia voidaan jatkokehittää tuottamaan tiettyyn tyyliisuuntaan erikoistunutta sisältöä. Kolmantena ovat apumallit, joista on mainittu LoRA-, ControlNET- ja Inpainting-mallit, joita voidaan käyttää ohjaamaan generointiprosessia haluttuun suuntaan,

esimerkiksi tietyn aiheen mukaiseksi tai määrittelemällä kuvasta alue, johon diffuusioprosessin halutaan kohdistuvan. (ComfyUI s.a., Models.)

Noodit toimivat ComfyUI-järjestelmän workflowien rakennuspalikoina, joiden tehtävä on suorittaa tietty toiminto tai toimintoja. Jokainen noodi on itsenäisesti rakennettu moduuli, joka voi olla joko ComfyUI:n perusasennuksen mukana tuleva sisäänrakennettu noodi tai yhteisön luoma kustomoitu noodi (custom node). Jokainen noodi vastaanottaa määriteltyä syötettä joko käyttäjältä tai toiselta noodilta, käsittelee sen moduulinsa kautta ja muuntaa sen halutuksi tulosteeksi. Tiedonsiirto noodien välillä tapahtuu noodien välisten linkkien kautta. (ComfyUI s.a., Nodes.)

Seuraavassa alaluvussa tarkastellaan generatiivisen tekoälyn liiketoiminnallisia mahdollisuuksia, ja tutustutaan, miten ComfyUI:n kaltaiset työkalut voivat tuoda kilpailuetua yrityksille.

2.3 Generatiivisen tekoälyn liiketoiminnalliset mahdollisuudet

Generatiivinen tekoäly tarjoaa yrityksille mahdollisuuden tehostaa markkinointikäytäntöjä tarjoamalla välineitä, joilla voidaan tuottaa kuva- video- ja äänisisältöä aiempaa tehokkaammin. Yksi merkittävimmistä hyödyistä perinteisiin menetelmiin verrattuna on ihmisen tekemän työn tarpeen väheneminen aiemmin erikoisosaamista vaativissa tehtävissä, kuten kuvan- ja videonkäsittelyssä, sekä graafisessa suunnittelussa. Tämä tehostaa prosesseja, säästää kustannuksia ja vapauttaa resursseja muuhun käyttöön, joka hyödyttää erityisesti pienempiä yrityksiä, joilla ei ole mittavia henkilöstöresursseja. Vaikka teknologia on vielä kehitysvaiheessa, sen tarjoavat mahdollisuudet digitaalisen markkinoinnin työkaluna ovat huomattavat, mutta vielä heikosti tutkitut. (Islam ym. 2024, 6–7.)

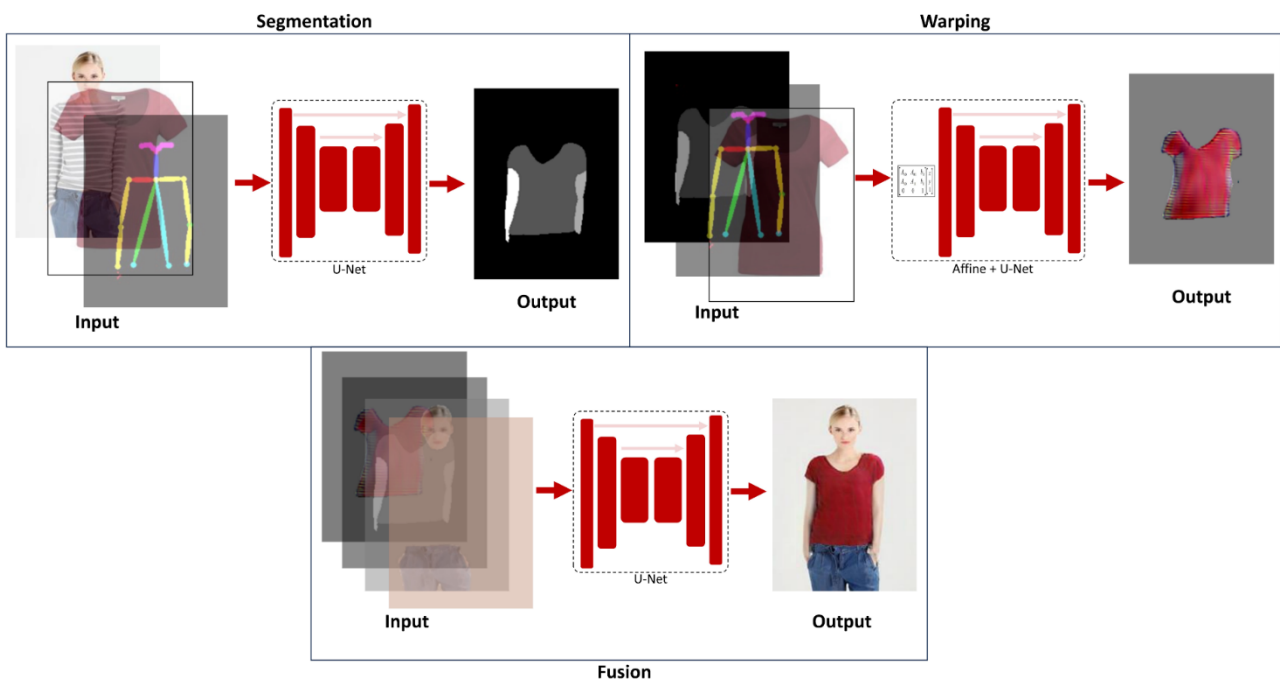
Kumarin ja kumppanien kvalitatiivisessa haastattelututkimuksessa, jossa haastateltiin 27 ammattilaista seitsemästä eri maasta, tunnistettiin kolme pääasiallista syytä generatiivisen tekoälyn käyttöönottoon B2B-yrityksissä (Kumar, Shankar, Hollebeek, Behl & Lim 2025, 3). Tutkimuksessa tunnistetuista kolmesta havaitusta syystä kaksi liittyivät mediaa tuottavaan generatiiviseen tekoölyyn ja sopivat tämän tutkimuksen kontekstiin.

Ensimmäinen syy vastasi ainutlaatuisuuden tarpeeseen, sillä generatiivinen tekoäly mahdollistaa yrityksille erottautumisen kilpailijoista. Haastatteluiden perusteella ammattilaiset käyttävät tekoälyä luodakseen ainutlaatuisia sisältöä ja kilpailuetua, esimerkiksi tyyleihin ja sävyihin mukautuvaa räätälöidyn tuntuista sisältöä. Lisäksi generatiivinen tekoäly kykenee yhdistämään tuotetietoja esimerkiksi populaarikulttuurin viittauksiin luoden odottamatonta, mutta tehokasta sisältöä. Toinen syy liittyi käytön mukavuuteen ja helppouteen, sillä generatiivinen tekoäly voi virtaviivaistaa työnkulkua ja tuottaa laadukasta sisältöä minuuteissa, joka vapauttaa luovat tiimit keskittymään strategiaan ja innovointiin sisällöntuotannon sijaan. (Kumar ym. 2025, 4.) Kumarin ja kollegoiden tutkimus

osoittaa, että generatiivinen tekoäly tarjoaa mahdollisuuksia erityisesti sisällöntuotannon, markkinoinnin ja mediasektorin näkökulmasta. Tutkimuksen tuloksissa mainittiin lisäksi generatiivisen tekoälyn alustojen olevan helppokäyttöisiä myös henkilöille, joilla ei ole teknistä asiantuntemusta (Kumar ym. 2025, 4). Havainto on mainitsemisen arvoinen, vaikka onkin hieman ristiriidassa tutkimuksen tavoitteiden ja tärkeyden kanssa.

Generatiivinen tekoäly tarjoaa uusia mahdollisuuksia myös muotialalla. Tekoälyjärjestelmien avulla asiakkaat voivat virtuaalisesti sovittaa vaatteita, kokeilla meikkejä ja tarkastella tuotteita eri kuvakulmista (Islam ym. 2024, 12). Islamin ja kumppanien (2024, 12–16) tapaustutkimus osoittaa, että virtuaalinen sovitushetki verkkokaupassa voi parantaa asiakastytyvyyttä, vähentää tuotepalautuksia pienentäen kuljetuksesta aiheutuvaa hiilijalanjälkeä, sekä kasvattaa myyntiä.

Muotialalle suunniteltua virtuaalista sovitusteknologiaa Islam ja kumppanit demonstroivat hyödyntäen heidän aiemmin kehittämää SVTON-mallia, jonka avulla asiakkaat voivat nähdä itsensä pukeutuneena valitsemiinsa vaatteisiin. Mallin toiminta jakautuu kolmeen vaiheeseen, joita havainnollistetaan seuraavassa kuvassa 2.



Kuva 2. Havainnollistava esimerkkikuva SVTON-mallin toiminnasta (Islam ym. 2024, 13)

Segmentointimoduuli tunnistaa ja luo kehosegmentit, jotka sopivat yhteen kohdevaateen kanssa, eli käytännössä määrittää mihin kohtaa vartaloa tuotteen tulee asettua. Vääritysmoduuli muokkaa vaatekuvan sopimaan geometrisesti kehon muotoihin, jossa tekoäly luo edistyneemmät muutokset lisäämällä ryppyjä vaatteisiin, sekä muita yksityiskohtia. Fuusiomoduuili yhdistää alkuperäisen

kuvan ja muokatun vaateen luomalla binäärisen maskin, joka määrittää mitkä osat kuvasta säilyvät muokkaamattomina ja mitkä generoidaan uudelleen. Lopputuloksena on luonnollisen näköinen kuva, jossa henkilö näkyy pukeutuneena valittuun vaatteeseen, joka helpottaa ostopäätöksen tekemistä. (Islam ym. 2024 12–16.)

Generatiivisen tekoälyn sovelluksia voidaan hyödyntää laajasti eri toimialoilla, mutta käytännön haasteet hidastavat niiden laajempaa käyttöönottoa. Solitan (2023, 9-10) raportin mukaan monilla yrityksillä on jo runsaasti ideoita generatiivisen tekoälyn hyödyntämiseksi, mutta tietoisuuden ja osaamisen puute toimii merkittävänä rajoittavana tekijänä. Toinen liiketoiminnan haasteisiin vaikuttava tekijä liittyy tekijänoikeuskysymyksiin tekoälyn tuottaman median osalta. Tekoälymallien koulutuksessa käytetään miljardeja kuvia, mikä herättää monimutkaisia kysymyksiä siitä, kenelle tekijänoikeudet tekoälyn tuottamasta materiaalista kuuluvat. Kyseinen oikeudellinen epäselvyys luo riskejä ja epävarmuutta yrityksille, jotka harkitsevat generatiivisen tekoälyn hyödyntämistä liiketoiminnassaan. (Harvard Business Review Press 2024, luku 7.)

3 Käyttäjäkokemus ja liiketoimintavaatimukset generatiivisen tekoälyn järjestelmissä

Generatiivisen tekoälyn järjestelmien kehittämisessä, kuten muissakin kehitysprosesseissa on tärkeää ymmärtää sekä käyttäjäkokemuksen, että liiketoimintavaatimusten merkitys ja niiden välinen vuorovaikutus. Tässä luvussa tarkastellaan näiden näkökulmien yhteen saattamista, joka kehittää edellisessä luvussa käsiteltyjen asioiden lisäksi perustaa, joka tukee tutkimuskysymyksiin vastaamista, sekä palvelun kehittämistä ja suunnittelua. Käyttäjien haasteiden tunnistamiseksi käsitellään käytettävyyden teoreettisia viitekehyksiä ja tutustutaan käyttäjäryhmien määrittelyyn, joka tukee tutkimuksessa havaittujen ratkaisujen teoreettista suunnittelua kehitettävän palvelun näkökulmasta. Myös tutustuminen liiketoimintavaatimusten määrittelyyn on tutkimuksen kannalta olennaista. Kuten Girvan ja Paul (2024, luku 9) toteavat, vaikka ketterän kehityksen menetelmät ovat yleistyneet, vaatimusmäärittelyn merkitys ei ole vähentynyt. Erityisesti monimutkaisen projektin tapauksessa, ketterän kehityksen projekteissa tarvitaan yhtä lailla vankkaa liiketoiminta-analyysiä, kuin perinteisemmilläkin menetelmillä (Girvan & Paul 2024, luku 6).

Luvussa esitetyt teoreettiset viitekehykset tukevat ensimmäisen tutkimuskysymyksen käsittelylle mahdollistaen käyttöhaasteiden tunnistamisen, sekä liiketoimintavaatimusten käsittely kytkee käyttöhaasteet yrityksen tavoitteisiin ja tukee toisen tutkimuskysymyksen tarkastelua liiketoiminnallisesti kestäväällä tavalla. Tämän luvun käsitteet yhdistettynä tietoperustan luvun 2 generatiivisen tekoälyn teoreettiseen tarkasteluun muodostavat viitekehyksen empiiriselle tutkimukselle.

3.1 Käytettävyys ja käyttäjäkokemus

ISO 9241-11 -standardin mukaan käytettävyys mittaa sitä, missä määrin käyttäjät voivat hyödyntää tuotetta tai palvelua tietyssä käyttöympäristössä saavuttaakseen määritellyt tavoitteensa tuloksellisesti, tehokkaasti ja miellyttävästi. Käsite perustuu kolmeen käytettävyyden mittariin, tuloksellisuuteen, tehokkuuteen ja käytön miellyttävyyteen. Tuloksellisuus mittaa käyttäjän kykyä saavuttaa tavoitteensa täsmällisesti ja tarkasti. Tehokkuudella tarkoitetaan tässä kontekstissa tavoitteiden saavuttamiseen käytettyjen resurssien, kuten ajan tai kognitiivisten kykyjen käyttöä. Kolmannen käytettävyyden mittarin tavoitteena on selvittää käyttäjän suhtautumista järjestelmään palvelun käyttämisen aikana. (ISO 9242-11, 2018.)

Käyttäjäkokemus (UX) laajentaa käytettävyyden, sekä ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen (HCI) näkökulmaa kattamaan kaikki käyttäjän tunteet, uskomukset, mieltymykset, havainnot, fyysiset ja psyykkiset reaktiot, jotka ilmenevät ennen tuotteen tai palvelun käyttöä, käytön aikana ja käytön jälkeen (Hassenzahl & Tractinsky 2006, 91–94). Myös Albert ja Tullis (2013, luku 1.1) kuvaavat

vastaavanlaisesti käyttäjäkokemuksen olevan laajempi näkemys käytettävyydestä, käytettävyyden tarkoittaessa heidän mukaansa käyttäjän kykyä suorittaa määritelty toiminto onnistuneesti.

Generatiivisen tekoälyn erityispiirteet tuovat omat haasteensa käyttäjäkokemuksen tutkimiseen, sekä käyttöliittymäsuunnitteluun. Epäonnistunut käyttöliittymäsuunnittelu generatiivisen tekoälyn palvelulle voi aiheuttaa käyttäjäkokemukseen vaikuttavia ongelmia, kuten epäluuloa tuotetun sisällön luotettavuutta ja tarkkuutta kohtaan, aiheuttaa käyttäjälle turhautumisen tunnetta, tai vaikeuttaa tekoälyn tuottaman sisällön ymmärtämistä. Nämä ongelmat voivat johtaa käyttäjien sitoutumisen vähenemiseen, tai kasvattaa käyttäjätuen ja koulutuksen tarvetta. (Kim, Ignacio, Yu, Jin & Kim 2024, luku 1.)

Tässä tutkimuksessa järjestelmän opittavuus on erityisen olennainen osa käytettävyyttä. Nielsen (1993, 27–28) määrittelee opittavuuden mittariksi sille, kuinka nopeasti ja vaivattomasti käyttäjä omaksuu järjestelmän perustoiminnallisuudet, sekä sen edistyneemmät ominaisuudet. Järjestelmän opittavuus liittyy läheisesti toiseen käyttöliittymäsuunnittelun periaatteeseen, intuitiivisuuteen. Intuitiivisen käyttöliittymän avulla käyttäjän on mahdollista ymmärtää vaivattomasti eri toiminnot ilman erillisen opettelun tarvetta. (Kim ym. 2024, luku 1.)

Rubinin ja kumppanien mukaan käytettävyyden testaaminen on olennaista tuotteiden tai palvelun laadun ja menestyksen kannalta. Testaus auttaa tunnistamaan suunnitteluvirheet ennen tuotteen julkaisua, mikä parantaa asiakastyytyväisyyttä ja vähentää käyttäjien tuen vaatimia resursseja. Huolellisen käytettävyytestauksen avulla voidaan kehittää helppokäyttöisempiä ja tehokkaampia ratkaisuja, joka mahdollistaa paremmat asiakassuhteet, kilpailuedun ja paremman kannattavuuden liiketoiminnan näkökulmasta. Käytettävyytestaus myös vähentää riskiä siitä, että lopputulos ei vastaisi käyttäjien tarpeita tai odotuksia. (Robin ym. 2008, 21–23.)

Käyttäjäkokemusta voidaan testata esimerkiksi erilaisilla UX-mittareilla. Käyttäjäkokemuksen mittaaminen UX-mittareiden avulla perustuu johdonmukaiseen mittausjärjestelmään, joka tuottaa vertailukelpoisia tuloksia. UX-mittarit ovat havaittavia ja määrällisiä, sekä kuvaavat käyttäjäkokemuksen eri alueita numeerisessa muodossa. UX-mittarit keskittyvät käyttäjän ja tuotteen tai palvelun väliseen vuorovaikutukseen arvioiden tehokkuutta, suorituskykyä ja käytön miellyttävyyttä. (Albert & Tullis 2013, luku 1.2.) Tehokkuuden, suorituskyvyn ja miellyttävyyden mittarit kirjailijat kuvailivat aiemmin esitetyn ISO-standardin mukaisesti. Käytännön tasolla UX-mittarit tarjoavat vastauksia kysymyksiin kuten käyttäjien halukkuuteen suositella palvelua, tuotteen käytettävyyshaasteisiin, sekä käyttäjäkokemuksen vertailemiseen kilpaileviin palveluihin (Albert & Tullis 2013, luku 1.2).

3.2 Liiketoimintavaatimusten yhteys käytettävyyteen

Liiketoimintavaatimukset ovat organisaation määrittelemiä edellytyksiä, jotka ohjaavat muutosprojekteja ja luovat perustan ratkaisujen kehittämiseksi. Ne ilmaisevat liiketoiminnan tarpeita, tavoitteita ja odotuksia, joihin ratkaisujen tulee vastata. Liiketoimintavaatimukset muodostavat kontekstin ja perustelut muutoksille auttaen varmistamaan, että kehitettävät ratkaisut tuottavat todellista arvoa organisaatiolle. (Girvan & Paul 2024, luku 12.) Krigsmanin (2007, teoksessa Tate & Humphreys 2015, 56) mukaan yleisimmät syyt IT-projektien epäonnistumiselle johtuvat inhimillisistä tekijöistä teknologisten vaikuttajien sijaan. Vaatimusmäärittelyn tärkeyttä korostaa etenkin Fresen ja Sauteirin (2003, teoksessa Tate & Humphreys 2015, 59) maininta siitä, että heikosti hallittu vaatimusmäärittely on tunnistettu merkittäväksi riskitekijäksi IT-projektin onnistumiselle.

Liiketoimintavaatimukset määrittelevät syyt, tavoitteet ja halutut tulokset, joiden vuoksi muutos tai projekti on päätetty käynnistää. Ne vastaavat kysymykseen ”miksi”, eli syihin, joiden takia organisaatio haluaa toteuttaa kehitystyön. Liiketoimintavaatimukset voivat kattaa koko organisaation, tai keskittyä tiettyyn liiketoiminnan osa-alueeseen tai yksittäiseen kehityshankkeeseen. Huolellisesti määritellyt vaatimukset auttavat vastaamaan keskeisiin kysymyksiin, kuten miksi palvelua kehitetään, mikä on kohderyhmä, joita kehitystyö koskee, mikä kehitettävä palvelu tarkalleen on, mitkä ovat tärkeimmät ja ensimmäisenä toteutettavat toiminnallisuudet, millä mittareilla voidaan todentaa ratkaisun olevan tarpeeksi hyvä, sekä miten määritellä milloin toteutus on luokiteltavissa valmiiksi. (International Institute of Business Analysis 2015, 16; Wieggers & Hokanson 2023, luku 1.)



Kuva 3. Liiketoimintavaatimusten tyypit (mukaillen Girvan & Paul 2024, luku 12)

Girvanin ja Paulin (2024, luku 12) mukaan liiketoimintavaatimukset voidaan jakaa neljään keskeiseen tyyppiin, jotka muodostavat selkeän hierarkian kuten kuvassa 3 (kuva 3, 14) on havainnollistettu:

- Yleiset liiketoimintavaatimukset toimivat hierarkian ylätasolla määrittäen muutosprojektin kontekstin. Nämä voivat sisältää sääntelyvaatimuksia, organisaation sisäisiä toimintaperiaatteita, sekä ylemmän johdon strategisia tavoitteita. Yleiset vaatimukset ovat usein tavoitteiltaan merkittäviä, sillä ne ohjaavat mihin kehityksen prioriteetit tulisi kohdistaa ja missä järjestyksessä.
- Tekniset vaatimukset määrittelevät infrastruktuurin, jonka puitteissa ratkaisuja kehitetään. Nämä asettavat standardit laitteistolle, ohjelmistoille ja tietoliikennetarkaisuille, joita organisaatiossa käytetään. Tekniset vaatimukset muodostavat viitekehyksen, jonka sisällä toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset toteutetaan.
- Toiminnalliset vaatimukset määrittelevät konkreettiset ominaisuudet ja toiminnot, jotka ratkaisun tulisi tarjota. Ketterän kehityksen menetelmissä näitä voidaan tarkentaa ja priorisoida joustavasti kehitysjonon avulla.
- Ei-toiminnalliset vaatimukset kuvaavat palvelun laatuvaatimuksia, kuten käytettävyyttä, suorituskykyä, tietoturvaa ja skaalautuvuutta. Nämä vaatimukset voivat olla sidoksissa yksittäisiin toiminnallisiin vaatimuksiin, tai koskea koko ratkaisua.

Yksi IT-projekteissa tunnistetuista ilmiöistä on muutoskustannuskäyrä, jonka mukaan projektin myöhäisemmässä vaiheessa havaittujen puutteiden korjaaminen on huomattavasti kalliimpaa kuin alkuvaiheessa tunnistettujen ongelmien ratkaiseminen (Tate & Humphreys 2015, 12). Tämä korostaa tarvetta laatutoimintojen priorisoimiselle kehitysjakson alkuun, sillä korkealaatuisten vaatimusten määrittely etukäteen vähentää uudelleentyöstämisen tarvetta myöhäisemmässä vaiheessa kehitystä (Wiegiers & Hokanson 2023, luku 6).

Vaatimusten tulee olla mitattavissa ja testattavissa, sillä epämääräisesti ilmaistut vaatimukset eivät tarjoa konkreettista perustaa toteutuksen onnistuneisuuden mittaamiselle, vaan sen sijaan vaatimusten tulisi pohjautua mitattaviin suorituskykyindikaattoreihin ja palvelutasosopimukseen (Tate & Humphreys 2015, 69–70). Vaatimusmäärittely on yhteistyöprosessi, joka vaikuttaa kaikkiin sidosryhmiin vaatimuksia tuottavista tahoista loppukäyttäjiin, jotka käyttävät vaatimusten pohjalta tuotettua järjestelmää. Tästä syystä asiakkaiden sitoutuminen on merkittävä tekijä onnistuneen lopputuloksen saavuttamisessa. (Wiegiers & Hokanson 2023, luku 1.) Tämä korostaa käyttäjäryhmien tunnistamisen tarvetta, jotta voidaan varmistua kehitettävän palvelun vastaavan todellisia tarpeita ja ratkaisevan havaittuja käytettävyyshaasteita tehokkaasti.

Ohjelmistokehityksessä ja liiketoiminnan muutoshankkeissa on tärkeää tunnistaa järjestelmän käyttäjät ja heidän toimintatapansa, sillä nykyaikaisessa digitaalisessa ympäristössä käyttäjäkunta on usein erittäin monimuotoinen. Tämä monimuotoisuus kuitenkin tekee käyttäjä tutkimuksesta haastavaa, mutta välttämätöntä. Käyttäjärühmien määrittely ja luokittelu muodostaa vahvan perustan käyttäjäystävällisten ja toimivien ratkaisujen kehittämiseksi, sillä ilman perusteellista käyttäjäanalyysiä on mahdollista epäonnistua liiketoiminnallisten tavoitteiden saavuttamisessa, tai asiakkaiden tarpeisiin vastaamisessa. (Girvan & Paul 2024, luku 10.)

Käyttäjäkokemuksen mittaamisen näkökulmasta Rubin ja kumppanit huomauttavat käyttäjärühmien määrittelystä, että yleisesti käytettyjä monitulkintaisia termejä, kuten aloittelija tai asiantuntija, käytettäessä on oltava erittäin tarkka niiden tarkoituksesta. Ilman selkeitä määritelmiä näistä käsitteistä tulee nopeasti subjektiivisia ja vertailukelvottomia. Tämän takia käyttäjäkokemuksen tason arvioimiseksi tulee käyttää mitattavissa olevia, sekä objektiivisia kriteerejä, kuten tehtävien monimutkaisuus ja niiden suorittamisen onnistumisen aste. (Rubin ym. 2008, 119–124)

Käyttäjärühmä kuvastaa käyttäjiä, jotka voidaan luokitella tiettyyn kategoriaan sen perusteella, mitä järjestelmän toimintoja he tarvitsevat ja mihin ominaisuuksiin tai toimintoihin käyttäjä tarvitsee pääsyn käyttääkseen järjestelmää. Käyttäjärühmän ymmärtäminen on keskeinen osa vaatimusmäärittäystä, sillä se mahdollistaa muiden tekniikoiden hyödyntämisen kuten käyttäjätarinoiden, persoonien ja käyttötapausten laatimisen. (Girvan & Paul 2024, luku 10.)

4 Kirjallisuuskatsauksen toteutus

Tutkimuksen suunnitteluvaihe toteutettiin helmikuussa 2025, jonka aikana määriteltiin tutkimuksen aihe ja tutkimuskysymykset yhteistyössä toimeksiantajayrityksen kanssa. Tutkimuskysymykset laadittiin kartoittamaan haasteita, joita käyttäjät saattavat kohdata ja mahdollisia ratkaisumalleja palvelun suunnittelu- ja kehitystyön tueksi. Tämän jälkeen tutkimus eteni seuraavaan vaiheeseen, jonka aikana tutkimuksen tekijä määritteli aineiston keruun strategian, sekä aineiston valintakriteerit, jotka ovat kuvattuna tarkemmin alaluvussa 4.3. Aikaa tutkimuksen kirjallisuuden keräämiselle oli varattu noin kaksi viikkoa, jonka aikana tutkimusaineistoa kerättiin pääsääntöisesti vertaisarvioitujen tutkimuksien ja artikkeleiden, asiantuntijayrityksien tutkimusraporttien, sekä väitöskirjatutkimuksien muodossa. Kerätty aineisto jäsenneltiin aiheyhmittäin ja olennaisimmat huomiot kerättiin talteen myöhempää analysointia varten. Tässä luvussa kuvataan tutkimuksen toteutus yksityiskohtaisesti tutustumalla valitun tutkimusmenetelmän valinnan syille, teoreettiseen ja empiiriseen ympäristöön, sekä tutkimuksen toteutuksen vaiheisiin.

4.1 Narratiivinen kirjallisuuskatsaus

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus, sillä sen arvioitiin tarjoavan riittävän joustavan ja kattavan lähestymistavan uuteen ja jatkuvasti kehittyvään tutkimusalueeseen. Vaikka kvantitatiivinen meta-analyysi olisi metodologisesti voinut soveltua paremmin tutkimuksen tarkoituksiin, menetelmäksi valittiin narratiivinen kirjallisuuskatsaus Salmisen (2023, 22–23) kuvaamien meta-analyysiin liittyvien vaativuustekijöiden, sekä aikataulullisten rajoitteiden vuoksi. Generatiivisten tekoälysovellusten ja erityisesti niiden käyttöhaasteiden havaittiin muodostavan nopeasti kehittyvän tutkimusaiheen, josta saatavilla oleva aineisto on vielä osin hajanaista ja alakohtaisesti eriytyntä. Kuitenkin Baumeisterin ja Learyn (1997, 314) mukaan kirjallisuuskatsauksen tulokset voivat olla hyödyllisiä siinäkin tapauksessa, jossa tutkimuksessa todetaan, ettei kaikkiin tutkimuskysymyksiin saada vastausta tämänhetkisten tutkimusaukkojen takia.

Valitut tutkimuskysymykset keskittyvät sekä käyttöhaasteiden tunnistamiseen että näiden haasteiden ratkaisumallien kartoittamiseen, joka edellyttää laaja-alaista tiedonhakuja sekä generatiivisen tekoälyn teknisiltä, että käytettävyyden tutkimuksen alueilta. Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on tiivistää havainnot aiemmista tutkimuksista kuvailevaksi synteesiksi ja tarjota lukijalle helposti ymmärrettävä katsaus laajasta aihealueesta (Green, Johnson & Adams 2006, 103).

Lisäksi, kuten Ferrari (2015, 231) mainitsee, narratiivinen kirjallisuuskatsaus tarjoaa joustavan menetelmällisen kehyksen, joka ei rajaa yhtä tiukasti hakutermejä ja metodologiaa kuten esimerkiksi systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Menetelmä on sopiva nopeasti kehittyvälle tutkimusalueelle, jossa terminologia ei vielä ole täysin vakiintunutta. Tämä on varsinkin ComfyUI:n käyttöhaasteiden

tutkimisessa erityisen tärkeää, sillä aiheesta ei havaittu vielä olevan suoraan kohdennettua tutkimusta.

Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen tukena käytettiin käsitekarttamenetelmää Obsidian-ohjelmiston avulla. Käsitekarttamenetelmä valittiin aineiston jäsentelyn tueksi, koska se tukee visuaalista ajattelua ja edistää kokonaisuuksien hahmottamista. Menetelmä mahdollisti kirjallisuuden luokittelun tutkimuskysymyksiensä mukaan, sekä luvuissa kaksi ja kolme käsiteltyjen teoreettisten aihealueiden perusteella avainsanoja hyödyntäen, joka tuki luvussa viisi käsiteltävien aiheiden jaottelua. Kuten Davies (2011, 280) toteaa, käsitekarttoitus auttaa ymmärtämään käsitteiden välisiä suhteita ja siten syventämään ymmärrystä käsitteistä ja niiden aihepiiristä.

Tutkimuksessa hyödynnetyt metodit mahdollistivat joustavan ja iteratiivisen tutkimusprosessin, joka osoittautui arvokkaaksi menetelmäksi tutkimusalueen tarkastelussa. Joustava lähestymistapa edesauttoi tutkimusaineiston luokittelua ja temaattista lajittelua, jolloin kirjallisuudesta voitiin tunnistaa keskeisiä kokonaisuuksia tutkijan teoreettisen ymmärryksen syventyessä. Prosessin iteratiivisuus mahdollisti tutkimuksen aloittamisen ilman ennalta tarkasti määriteltyjä kategorioita sekä näiden kehittymisen ja muodostumisen kirjallisuutta analysoitaessa, joka tuki generatiivisen tekoälyn käytettävyyden tutkimista sen ollessa vielä kehittyvä tutkimusalue, jossa termit ja käsitteet ovat vielä muodostumassa.

4.2 Teoreettisen ja empiirisen ympäristön kartoitus

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys rakentuu generatiivisen tekoälyn käytettävyyden tutkimuksen, ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen (HCI), sekä ihmisen ja tekoälyn vuorovaikutuksen tutkimusten ympärille. Tutkimuksen teoreettisen ympäristön kartoituksen aikana havaittiin aiempien tutkimusten keskittyvän generatiivisen tekoälyn teknisiin ominaisuuksiin, sekä yleisiin käyttötapoihin. Kuitenkin erityisesti ComfyUI:n kaltaisten työkalujen käyttöhaasteista on vain rajallinen määrä tutkimuksia, jonka vuoksi tutkimukseen valikoitiin aineistoa, joka on mahdollisimman luotettavasti sovellettavissa aiheeseen. Tämä kirjallisuuskatsaus pyrkii tunnistamaan tutkimusaukkoja ja vastaamaan niihin kartoittamalla generatiivisten tekoälysovellusten käytettävyysongelmia ja potentiaalisia ratkaisumalleja.

Empiirisen viitekehysten tutkimukselle muodostaa toimeksiantajayrityksessä parhaillaan kehitettävä ComfyUI-pohjainen palvelu. Työympäristössä suoritettujen käytännön havainnot, sekä kohdatut haasteet, etenkin käyttöliittymäsuunnittelun kehityksen osalta ovat toimineet ohjaavina tekijöinä kirjallisuuden valinnassa ja sen relevanssin kriittisessä arvioinnissa. Teknisen kehitystyön sekä lopukäyttäjän roolissa toimimisen kokemus on mahdollistanut kirjallisuudesta tunnistettujen havaintojen systemaattisen vertailun käytännön toteutukseen. Vastaavasti tutkimuskirjallisuuden

kartoittaminen on edesauttanut uusien näkökulmien tunnistamiseen työympäristössä toimiessa. On kuitenkin ensiarvoisen tärkeää tiedostaa kirjallisuuskatsauksia potentiaalisesti uhkaavan valikoivuuden ja vahvistusharhan riski, jossa tutkimukseen valikoituu ainoastaan tutkijan esittämää hypoteesia tukevaa kirjallisuutta ja tutkimuksia, tai vaihtoehtoisesti merkittäviä osuuksia tutkimuksista jätetään havainnoimatta (Baumeister & Leary 1997, 319; Grant & Booth 2009, 97).

Palvelun kehittämisen taustalla on havaittu tarve madaltaa kynnystä generatiivisen tekoälyn hyödyntämiseen myös niille käyttäjille, joilla ei ole tarpeeksi teknistä osaamista tai resursseja perehtyä monimutkaisiin, mutta tehokkaisiin työkaluihin. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on kartoittaa käyttäjien kohtaamia haasteita, jotka voivat toimia esteenä palvelun tai yleisesti generatiivisen tekoälyn käyttämiselle. Liiketoiminnan näkökulmasta vaivattomasti käytettävä palvelu mahdollistaa laajemman potentiaalisen käyttäjäryhmän, sekä vähentää käyttäjien tukemiseen käytettävien resurssien tarvetta. Toisaalta vastuullisuuden näkökulmasta voidaan ajatella saavutettavan käyttöliittymän edistävän digitaalista tasa-arvoisuutta tarjoamalla tehokkaita tekoälypalveluita myös muille, kuin teknisesti edistyneille käyttäjille. Tutkimuksen aikana kehitettävä palvelu on julkaistu rajatulle käyttäjäryhmälle beetatestausvaiheeseen, josta saatu käyttäjäpalaute on ohjannut tutkimuksen loppuvaiheen näkökulmia ja auttanut tunnistamaan kirjallisuudesta olennaisia havaintoja.

4.3 Kirjallisuuskatsauksen toteutusvaiheet

Tässä alaluvussa kuvataan kirjallisuuskatsauksen toteutus, mukaan lukien aineiston hakuprosessi, käytetyt tietokannat ja hakusanat, sekä aineiston valinta- ja poissulkukriteerit ja analyysimenetelmät, joiden käytön merkitys korostuu empiriassa tutkimuksen tuloksia tarkastellessa. Näiden valintojen tarkka kuvaaminen mahdollistaa tutkimusprosessin läpinäkyvyyden ja toistettavuuden, joka on yksi kirjallisuuskatsauksen ominaisuuksista (Salminen 2023, 4), sekä tarjoaa perustan tutkimustulosten luotettavuuden arviointiin.

Kirjallisuuskatsauksen aineiston haku toteutettiin systemaattisesti useista eri tietokannoista maaliskuuhun vaihteessa 2025. Hakuprosessin päätavoitteena oli tunnistaa tutkimuksia ja vertaisarvioituja artikkeleita, jotka käsittelevät generatiivisten tekoälysovellusten käyttöhaasteita. Hakuprosessissa keskityttiin erityisesti löytämään ja tunnistamaan aineistoa, joka koskee mediaa tuottavaa generatiivista tekoälyä, käyttöliittymäsuunnittelua, promptaamisen haasteita ja käytettävyysongelmia. Prosessin aikana hakutermejä ja aineiston valintakriteerejä tarkennettiin iteratiivisesti ymmärryksen kehittyessä aiheesta, mikä johti esimerkiksi HCI-tutkimuskirjallisuuden sisällyttämiseen, vaikka tätä ei alkuperäisiin hakutermeihin suunnitteluvaiheen aikana sisällytetty.

Aineiston hakuprosessi hyödynsi laajasti eri elektronisia tietokantoja, joista kaksi olennaisinta olivat Google Scholar ja Haaga-Helian Finna, hyödyntäen sen tarjoamaa valintamahdollisuutta, jolla

voidaan suodattaa vain vertaisarvioidut tulokset näkyviin. Väitöskirjatutkimuksia haettiin Finna.fi tietokannasta, sekä tutkimusartikkeleita valittiin ensisijaisesti ACM Digital Library-, IEEE Xplore- ja arXiv-tietokannoista. Lisäksi tutkimusaineistoa täydennettiin tieteellisten konferenssien julkaisuilla, erityisesti HCI-tutkimuksen kannalta keskeisen CHI-konferenssin julkaisuilla, sekä asiantuntijaorganisaatioiden tuottamilla tutkimusraporteilla.

Tutkimusaineiston hakustrategia rakentui useista eri hakusanoista ja niiden yhdistelmistä. Keskeisiä hakutermejä olivat ”generative AI” JA ”user experience”, ”text-to-image” TAI ”generative AI” yhdistettynä ”usability”-termiin, ”AI image generation” JA ”user interface”, ”prompt engineering” JA ”challenges” TAI ”generative AI”, ”UX challenges in genAI”, ”usability of generative AI applications”, sekä ”generative AI” JA ”HCI”. ComfyUI:hin liittyviä hakutermejä, kuten ”comfyUI” JA ”usability” ja ”node based” JA ”challenges” TAI ”generative ai” pyrittiin käyttämään, kuitenkin tutkimuksen kannalta olennaisia tuloksia saavuttamatta. Hakutermejä muokattiin tarvittaessa tietokantojen mukaan, sekä osa löydetystä aineistosta löytyi muista tutkimuksista, jotka viittasivat kyseiseen aineistoon. Hakuja tehtiin sekä suomeksi, että englanniksi, mutta suurin osa relevantista materiaalista löytyi englanninkielisillä hakutermeillä.

Hakutermejä muokattiin tarvittaessa tietokantojen mukaan, sekä osa löydetystä aineistosta löytyi muista tutkimuksista, jotka viittasivat kyseiseen aineistoon. Hakuja tehtiin sekä suomeksi, että englanniksi, mutta suurin osa relevantista materiaalista löytyi englanninkielisillä hakutermeillä. Aineiston valinnassa noudatettiin tarkkoja kriteerejä aineiston laadun ja tutkimuksen kannalta sopivuuden varmistamiseksi. Julkaisujen tuli käsitellä generatiivista tekoälyä, erityisesti mediaa, kuten kuvia, videota tai äänitiedostoja generoivia tekoälysovelluksia, jolloin pelkästään suuriin kielimalleihin keskittyvä aineisto rajattiin pois. Vaihtoehtoisesti julkaisut saattoivat sisältää käyttäjäkokemukseen, käytettävyyteen tai käyttöliittymäsuunnitteluun liittyviä näkökulmia, sillä rajauksella että aihe liittyi edes jollain tasolla tekoälyyn. Generatiivista tekoälyä koskevien tutkimuksien tuli olla julkaistu vuonna 2019 tai sen jälkeen alan nopean kehitystahdin vuoksi. Lisäksi aineiston tuli olla kokonaisuudessaan saatavilla ilman maksumuureja tai kirjautumista, poikkeuksena Haaga-Helian tunnuk-silla saatavissa olevat artikkelit.

Kattavan kokonaiskuvan saavuttamiseksi valintaprosessin aikana tutkimusaineistoon pyrittiin sisällyttämään monipuolisesti erityyppisiä julkaisuja, kuten tieteellisiä artikkeleita, väitöskirjoja ja organisaatioiden tutkimusraporteja. Aineiston valinnassa priorisoitiin lähteiden kykyä vastata tutkimuskysymyksiin sekä aineiston laatua, kuitenkin varmistaen, että jokaisesta julkaisutyyppistä on vähintään kaksi tutkimuksessa hyödynnettävää julkaisua, jotta voidaan varmistaa riittävän laaja otanta eri tahojen näkemyksistä. Tämä valinta perustui tarpeeseen tarkastella tutkimusaihetta useista näkökulmista ja näin varmistaa tulosten luotettavuus hyödyntämällä laadukkaita lähteitä eri

julkaisumuodoissa. Kirjallisuuden monimuotoisuus pyrittiin varmistamaan keräämällä julkaisuja monipuolisesti eri maantieteellisiltä alueilta, joka perustuu Salmisen (2023, 28–29) esittämään näkemykseen myös muilla kuin suomen ja englannin kielillä julkaistun tutkimusaineiston hyödyntämisen merkityksestä. Monimutkaisen terminologian ja koneellisesti käännettyjen tuotosten todentamisen haasteiden vuoksi tutkimuksessa hyödynnettiin vain suomen- ja englanninkielistä aineistoa. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin julkaisut, joiden havaittiin keskittyvän vain tekoälymallien tekniseen toteutukseen ilman käytettävyyden näkökulmaa, sekä blogijulkaisut, uutisartikkelit ja mielipidekirjoitukset.

Aineisto analysoitiin alaluvussa 4.1 kuvailtujen menetelmien mukaisesti systemaattisella, mutta joustavalla menetelmällä, joka perustui aineistoon perehtymiseen ja temaattiseen luokitteluun. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa kustakin lähteestä kirjoitettiin kattavat muistiinpanot, jotka sisälsivät muun muassa tiivistetysti julkaisun keskeisimmät näkökulmat ja havainnot, avainsanana tutkimuskysymyksen, tai -kysymykset, joihin aineisto vastaa, sekä käytetyn tietokannan ja hakutermit. Tämän jälkeen aineistosta tunnistettiin toistuvia teemoja ja keskeisiä käsitteitä, jotka merkittiin avainsanoina, sekä linkityksinä suoraan muistiinpanoihin.

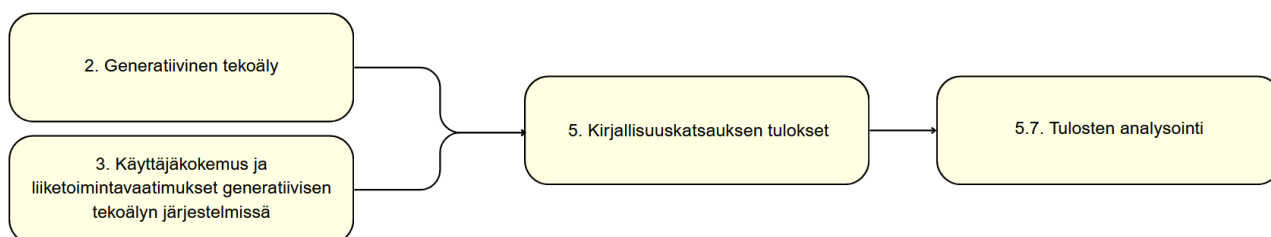
Avainsanojen systemaattinen hyödyntäminen mahdollisti aihealueiden visuaalisen tunnistamisen ja temaattisen ryhmittelyn. Tämä menetelmä tuki aineiston keskinäisten yhteyksien havaitsemista Obsidian-ohjelmiston avulla, mikä auttoi eri näkökulmien yhdistämistä ja aineiston ryhmittelyä. Visuaalinen jäsentäminen auttoi havaitsemaan myös sellaisia yhteyksiä aineistojen välillä, jotka olisivat saattaneet jäädä huomaamatta muilla menetelmillä.

Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen vahvuus tässä tutkimuksessa oli sen joustavuus ja mahdollisuus yhdistää eri tieteenalojen näkökulmia, iteratiivisen lähestymistavan lisäksi. Toisaalta, kuten Grant ja Booth (2009, 97–102) toteavat, menetelmän rajoituksena on sen subjektiivisuus ja systemaattisuuden puute verrattuna esimerkiksi systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen, luvussa 4.1 mainitun vahvistusharhan mahdollisuuden lisäksi. Tutkimuksen kattavuuteen liittyviä rajoituksia aiheutui myös aineiston monipuolisuuden tavoittelusta yhdistettynä aikataulun asettamiin rajoitteisiin, jonka seurauksena osa potentiaalisesti tutkimuksen kannalta sopivista tutkimusartikkeleista jouduttiin rajaamaan pois lopullisesta analyysistä ennen syvällistä perehtymistä tutkimuksiin. Tämä voi osaltaan johtaa tutkimusaukkoihin ja vaikuttaa kokonaiskuvan muodostumiseen aiheesta. Tutkimusaukolla viitataan tässä tapauksessa aihealueisiin, joita joko tämä tutkimus, tai nykyinen tutkimuskirjallisuus ei ole vielä riittävästi käsitellyt, esimerkiksi aikataulullisten rajoitteiden takia. Rajoituksista huolimatta valitut menetelmät mahdollistivat monipuolisen tavan toteuttaa tutkimus, jonka tuloksia tarkastellaan seuraavassa luvussa.

5 Kirjallisuuskatsauksen tulokset

Tässä luvussa esitellään kirjallisuuskatsauksen tulokset liittyen generatiivisen tekoälyn järjestelmien käyttöhaasteisiin, sekä niiden ratkaisumalleihin asetettujen tutkimuskysymyksen pohjalta. Generatiivisen tekoälyn nopea kehitys ja sen lisääntyminen eri toimialoilla tekee näiden haasteiden ymmärtämisestä ajankohtaista. Kirjallisuutta analysoitaessa havaittiin viisi keskeistä teemaa käyttäjien kohtaamista haasteista: käyttöliittymän monimutkaisuus ja haastava terminologia, tekstisyötteiden muodostamisen vaikeus, tekoälymallien käyttäytymisen ennustamattomuus, käyttäjien taitojen ja mentaalimallien kehittämisen haasteet, sekä teknisen osaamisen vaatimukset. Näihin haasteisiin esitetään kirjallisuudessa erilaisia ratkaisumalleja, joita tarkastellaan luvun loppupuolella.

Kuten alla olevassa kuvassa on esitetty (kuva 4), luvun kaksi tietoperusta yhdistetään tietoperustan lukuun kolme, jotka yhdessä tukevat tämän luvun viisi empiriaosan toteuttamista ja ratkaisumallien tunnistamista. Generatiivisen tekoälyn perustoiminnallisuuksien ymmärtäminen yhdessä käytettävyyden käsitteiden kanssa mahdollistaa tutkimuksen kannalta olennaisten havaintojen tunnistamisen kirjallisuudesta, sekä havaintojen analysoinnin liiketoimintavaatimukset huomioon ottaen.



Kuva 4. Havainnollistava kuva tietoperustan lukujen yhteydestä empirialukuun

5.1 Käyttöliittymän monimutkaisuus

Erityisesti kehittyneemmissä generatiivisen tekoälyn sovelluksissa, kuten ComfyUI:ssa, käyttöliittymän monimutkaisuus nousee merkittäväksi käyttöhaasteeksi. Kim ja kumppanit kuvailevat generatiivisen tekoälyn ja käyttöliittymäsuunnittelun välistä yhteistyötä ratkaisevan tärkeäksi asiaksi, joka määrittää kuinka hyvin käyttäjät voivat ymmärtää ja hyödyntää tekoälyn tuottamaa sisältöä. Heidän mukaansa huonosti suunniteltu käyttöliittymä voi johtaa turhautumiseen, väärinymmärryksiin ja hidastaa käyttäjien oppimista, sekä kasvattaa tuen ja ohjeistuksen tarvetta ja heikentää generatiivisten tekoälysovellusten laajaa käyttöönottoa. (Kim ym. 2024)

Käyttöliittymän suunnittelun merkitys korostuu erityisesti, kun kyseessä on monimutkainen sovellus, jonka toimintaperiaatteet eivät ole kaikille käyttäjistä entuudestaan tuttuja. Mediaa generoivan

tekoälyn tapauksessa haaste on suhteellisen ilmeinen, sillä käyttöliittymän tulisi sekä ohjata ja opastaa käyttäjää, kuitenkin rajoittamatta käyttäjän hallintaa prosessin suhteen.

Torricellin, Martinon, Baronchellin ja Aiellon (2024) tutkimus korostaa käyttöliittymäsuunnittelun vaikutusta käyttäjien luovaan prosessiin generatiivisen tekoälyn järjestelmiä käytettäessä. Tutkimuksessa analysoitiin yli 145 tuhatta käyttäjäsyötettä kahdelta eri kuvaa generoivalta palvelulta ja havaittiin, että käyttöliittymä voi joko edistää tai rajoittaa käyttäjien kykyä tutkia uusia asioita. Erityisesti palvelun tarjoamat pikavalinnat, jotka mahdollistivat eri kuvavariaatioiden luomisen muokkamatta tekstisyötettä, johtivat vähäisempään vaihtoehtojen tutkimiseen ja yksinkertaisempiin syötteisiin. Tulokset osoittivat, että käyttöliittymät, jotka ohjaavat käyttäjien huomion pois tekstisyötteiden tuottamisesta voivat hidastaa käyttäjien luovaa prosessia, sekä rajoittaa heidän oppimismahdollisuuksiansa tehokkaampien tekstisyötteiden kehittämiseen ja tehokkaaseen tekoälyn kanssa työskentelyyn. (Torricelli ym. 2024.)

Edellä mainittu havainto herättää kysymyksen siitä, miten käyttöliittymäsuunnittelussa tulisi tasapainotella helppokäyttöisyyden ja oppimismahdollisuuksien välillä. Jos käyttöliittymä keskittyy vain käytön helppouteen, saatetaan samalla rajoittaa käyttäjän mahdollisuuksia kehittää omia taitojaan sekä palvelun käytössä, että generatiivisen tekoälyn hyödyntämisessä yleisesti.

Myös Vacantin ja kumppanien (2024) toteuttamassa heuristisessa arvioinnissa havaittiin, että yksinkertaistettu käyttöliittymä poistaa käyttäjältä mahdollisuuden hallita prosessia. Vastaavasti he havaitsivat, että käyttöliittymien monimutkaisuus voi johtaa kognitiiviseen kuormitukseen, varsinkin niissä tapauksissa, joissa käyttäjälle on tarjolla useita eri parametrejä, jotka eivät ole yhdenmukaisia keskenään.

Tämä ei kuitenkaan välttämättä tarkoita, että kaikki generatiiviset tekoälyjärjestelmät olisivat haastavia tai monimutkaisia käyttää. Esimerkiksi Harvard Business Review Press -julkaisun artikkelissa mainitaan useimpien generatiivisen tekoälyn järjestelmien olevan niin helppokäyttöisiä, ettei käyttäjältä vaadita mainittavaa teknistä osaamista, ja että lapsikin osaa tuottaa sisältöä nykypäivän palveluilla. Kuitenkin esitellessään keinoja, kuinka valmistautua generatiivisen tekoälyn yleistymiseen he mainitsevat, että tehokkaiden tekstisyötteiden tuottaminen on opiskelemisen arvoinen taito. (Harvard Business Review Press 2024, luku 4.) Tämä viittaa siihen, että vaikka sisältöä voi saada tuotettua ilman syvällisempää osaamista, generatiivisen tekoälyn tehokas käyttäminen vaatii silti osaamisen kehittämistä.

5.2 Tekstisyötteiden muodostamisen haasteet

Tekstisyötteiden, eli promptien muodostaminen ja niiden tehokas käyttö näkyy kirjallisuudessa yhtenä merkittävimmistä haasteista generatiivisen tekoälyn työkalujen käytössä. Oppenlaender, Linder ja Silvennoinen (2024) määrittelevät tekstisyötteiden suunnittelun uudenaikaiseksi taidoksi, joka vaatii sekä teknistä ymmärrystä, että luovaa ilmaisukykyä. Heidän tutkimuksessaan todettiin, että kyseessä on monimutkainen prosessi, joka edellyttää iteratiivista työskentelyä, sekä jatkuvaa oppimista. Tutkimuksessa tuli myös ilmi, ettei generatiivisten mallien vaatiman tekstisyötteen tuottaminen ole intuitiivinen taito, vaan se tulee opetella, jotta tekoälymalleista saadaan tehokkaasti kaikki niiden tarjoama potentiaali hyödynnettyä. Tästä huolimatta Liun ja Chiltonin (2023, luku 2.3) mukaan visuaalisen generoinnin kontekstissa tekstisyötteiden muodostamista ei ole tukittu yhtä laajasti kuin tekstiä tuottavien mallien.

Tekstisyötteiden muodostamisen haasteista Vacanti ja kumppanit (2024, luku 1.3) mainitsevat, että laadukkaan tuloksen saavuttamiseksi käyttäjän tulee hallita monimutkaisten ja kuvailevien syötteiden kirjoittaminen. Heidän mukaansa pelkkä kuvan sisällön kuvaileminen ei riitä, vaan täytyy myös osata kuvailla taiteellisia käsitteitä, joka saattaa osoittautua haasteelliseksi useimmille käyttäjille.

Myös Rajcic, Llano Rodriguez ja McCormack (2024, luku 4.3) havaitsivat vastaavanlaisia ongelmia käyttäjien tekstisyötteiden muodostamista tutkiessaan. Erityisesti kokemattomat käyttäjät ymmärsivät usein tekoälyn väärin tekoälymallin kykyjä, sekä rajoituksia, joka johti turhautumiseen. Esimerkiksi yksi osallistujista yritti generoida tarkkoja kuvia ”metallisesta kukasta” ja hän oletti tekoälyn ymmärtävän tarkalleen mitä hän epämääräisellä syötteellään tarkoitti. Kuitenkin yli kahdenkymmenen version ja syötteen hienosäätämisen jälkeen hän saavutti tuloksen, joka oli lähellä toivottua, mutta kokemus oli kuulemma työläs sekä epämiellyttävä. (Rajcic ym. 2024, luku 4.3)

Kim ja kumppanit (2024, luku 2) toteavat yhtenä tekstisyötteisiin perustuvien generatiivisten tekoälyjärjestelmien haasteena olevan käyttäjän kyky muodostaa tehokkaita syötteitä haluttujen tulosten saavuttamiseksi. Heidän mukaansa ei riitä, että käyttäjä kykenee muotoilemaan tarkoituksenmukaisen tekstisyötteen, vaan myös tekoälymallin on kyettävä ymmärtämään annetun syötteen merkitys täydellisesti. Jos malli ei omien rajoitteidensa takia tunnista syötettä oikein, se voi tuottaa epämiellyttävän tai virheellisen tuloksen. Tutkijat huomauttavat myös, että generatiivisten mallien rajoitteet liittyvät usein niiden kouluttamisessa käytettyyn dataan. Esimerkiksi jos mallin kouluttamiseen on käytetty vain piirrostyylisiä kuvia, sen tuottamat kuvat noudattavat aina vastaavia piirteitä sisältäviä kuvia. Tämä voi myös johtaa usein epäoptimaalisten syötteiden käyttöön ja turhautumiseen, kun lopputulos ei vastaa odotuksia, osin myös tekoälymallien ennustamattomuuden takia. (Kim ym. 2024, luku 2.) Ennustamattomuutta ja sen aiheuttamia käyttöhaasteita kuvataan tarkemmin alaluvussa 5.3 empiirisen kirjallisuuden kautta.

Kirjallisuus osoittaa tekstisyötteiden muodostamisen olevan olennainen taito generatiivisen tekoälyn järjestelmien käytössä, eikä se rajoitu vain mediaa generoiviin generatiivisen tekoälyn malleihin. Tämä herättää kysymyksen siitä, miten palvelut voisivat tukea käyttäjiä paremmin tämän taidon kehittämisessä ja miten tätä taitoa voitaisiin opettaa tehokkaasti eri käyttäjäryhmille.

5.3 Generatiivisen tekoälyn ennustamattomuus käytettävyyden haasteena

Yhtenä kirjallisuuden osoittamana haasteena käyttäjäkokemukselle on generatiivisten tekoälymallien ennustamattomuus ja sen aiheuttama epävarmuus. Tutkimuksessaan Franchi, Trong, Belkhir, Xia ja Pilzer (2024) pyrkivät arvioimaan tekstistä kuvaksi -mallien epävarmuutta suhteessa käyttäjän tekstisyötteeseen, joka on olennaista sekä mallien käyttäytymisen ymmärtämiseksi, että tulosten luotettavuuden parantamiseksi. Tutkimus osoittaa, että vaikka diffuusiomallit ovat erittäin tehokkaita kuvageneroinnissa, ne osoittavat huomattavaa vaihtelua kyvyssään noudattaa käyttäjien tekstisyötteiden yksityiskohtia. Tämä korostuu erityisesti moniselitteisten, tai epätavallisten syötteiden kohdalla, joita malli ei välttämättä tunnista. Epävarmuus ja tuloksen ennustamattomuus vaikuttavat suoraan käyttäjien luottamuksen kehittymiseen. (Xia & Pilzer 2024.) Vacanti ja kumppanit (2024, 165) kuvailevat prosessin ymmärtämisen vaikeuden, ympäristövaikutuksien, sekä lopputulosten ennustamattomuuden olevan generatiivisen tekoälyn suurin ongelma.

Toisaalta vaikka generatiivisten mallien ennustamattomuus voi useissa tapauksissa vaikuttaa negatiivisesti käyttäjän luottamukseen, osa mallien arvosta syntyy juuri ennustamattomuudesta ja yllätyksellisyydestä, kunhan yllätykset pysyvät hyvän maun rajoissa.

Erityisesti ComfyUI:n kaltaisissa monimutkaisemmissa järjestelmissä, joissa käyttäjät voivat muokata useita eri parametrejä, tuloksen ennakoiminen muuttuu entistä haastavammaksi. Kantosalo (2019, 32–35) kuvailee väitöskirjatutkimuksessaan, että ihmisen ja tekoälyn yhteisluomisessa (co-creativity) tapahtuvaa vuorovaikutusta vaikeuttaa tekoälyn toiminnan ennustamattomuus, mikä haastaa käyttäjien mahdollisuuksia muodostaa tehokkaita yhteistyön tapoja.

Myös Shi, Jain, Duan ja Ramani (2023) toivat esille haastattelututkimuksessaan generatiivisten tekoälyjärjestelmien selitettävyyden puutteen. Tutkimuksessa haastateltiin taiteilijoita heidän tutustussa generatiiviseen tekoälyyn ja yksi havaituista ominaisuuksista oli epäjohdonmukaisuus tuloksissa samaa syötettä käytettäessä, joka aiheutti hämmennystä käyttäjässä. Myös Vacanti kollegoineen (2024, luku 3.2) mainitsee mahdollisesta käyttäjien kokemasta hämmennyksestä, kun identtillä syötteellä voidaan tuottaa käytännössä rajaton määrä toisistaan eroavia kuvia.

Hauhio, Kantosalo, Linkola ja Toivonen (2024) esittävät generatiivisten tekoälyjärjestelmien ennustettavuuden olevan sekä ominaisuus että haaste, sen rajoittaessa käyttäjän mahdollisuuksia ohjata järjestelmän toimintaa, mutta samalla luoden mahdollisuuksia luovuudelle. Heidän mukaansa

käyttäjän on osattava ennakoida oikea syöte, jolla saavutetaan haluttu lopputulos, toisin kuin ennakoitavissa järjestelmissä, joissa lopputulos on mahdollista päätellä tarkasti syötteen perusteella. (Hauhio ym. 2024.) Tämä voi aiheuttaa käyttäjille haasteita johdonmukaisten mentaalimallien kehittämisessä käyttöliittymäsuunnittelun kehittyneisyydestä riippumatta.

Koska aiheena oli tutkia erityisesti generatiivisen tekoälyn käytön haasteita, ennakoimattomuuden positiiviset vaikutukset, kuten yllättävän luovuuden mahdollistaminen jäivät tässä alaluvussa taka-alalle. Kuitenkin on hyvä tiedostaa, että vaikka ennakoimattomuus aiheuttaa hämmennystä ja vaikeuttaa tehokasta, sekä tavoitteellista käyttöä, siinä on omat hyvät puolensa. Tämä on myös haaste suunnittelulle, joka vaatii tasapainottelua käyttäjän kontrollin ja tekoälymallin luovan vapauden välillä.

5.4 Käyttäjän mentaalimallin kehittämisen haasteet

Käyttäjän mentaalimallin kehittäminen on olennaista tehokkaan ja onnistuneen käyttäjäkokemuksen kannalta ja epäselvyydet järjestelmän todellisista mahdollisuuksista voi johtaa turhautumisen lisäksi siihen, ettei käyttäjä palaa enää käyttämään järjestelmää. Generatiivisen tekoälyn tapauksessa tämä prosessi on erittäin haastava tekoälymallien ”mustan laatikon” luonteen vuoksi. (Kore 2022, luvut 1–3.) Yksi merkittävistä haasteista generatiivisen tekoälyn käytössä on käyttäjän vaikeus muodostaa käsitys siitä, miten järjestelmä toimii. On kuitenkin hyvä ymmärtää myös se, että kuten Hauhio ja kumppanit (2024) mainitsevat, malleja kutsutaan mustiksi laatikoiksi sen takia, että ne sisältävät miljardeja parametreja ja ovat monimutkaisuutensa takia mahdottomia ymmärtää täydellisesti.

Mentaalimallien muodostaminen käyttäjälle on tärkeää monimutkaisissa järjestelmissä, joissa käyttäjän on hyvä tietää miten hänen toimintansa vaikuttavat lopputulokseen. Generatiivisen tekoälyn tapauksessa haaste korostuu, sillä järjestelmän sisäistä toimintalogiikkaa ei kyetä esittämään käyttäjälle. Toisaalta mentaalimallien kehittämisen haasteen myötä herää kysymys siitä, kuinka paljon käyttäjän tarvitsee ymmärtää tekoälymallin toimintaperiaatteista voidakseen käyttää sitä tehokkaasti, sillä liian tekniset selitykset saattavat karkottaa osan käyttäjistä kognitiivisen kuormituksen takia.

Käyttäjän mentaalimallin muodostumiselle toimii haasteena myös generatiivisen tekoälyn nopea kehitystahti. Kim ja kumppanit (2024, 5) huomauttavat, että käyttäjien on vaikea oppia ja muodostaa pysyviä mentaalimalleja järjestelmistä, jotka muuttuvat ja kehittyvät jatkuvasti, sekä järjestelmien kehittyessä ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tulisi muotoutua mahdollisimman käyttäjäystävälliseksi.

5.5 Teknisen osaamisen vaatimukset

Vaikka generatiivisen tekoälyn järjestelmien käyttämisen on tietyissä määrin todettu olevan mahdollista ilman merkittävää osaamista, esimerkiksi Solitan (2023, 5–10) tutkimuksessa Suomen suurimmissa yrityksissä havaittiin, että yksi generatiivisen tekoälyn käyttöönottoa hidastavista tekijöistä on osaamisen puute, varsinkin niissä tapauksissa, joissa tekoälyjärjestelmiä haluttaisiin yhdistää olemassa oleviin järjestelmiin. Tämä korostuu erityisesti luovien alojen ammattilaisten kohdalla, joilla ei välttämättä ole vahvaa teknisen osaamisen taustaa, tai aiempaa kokemusta aiheesta, kuten Shi ja kumppanit (2023) havaitsivat haastattelututkimuksessaan, jossa he havaitsivat generatiivisen tekoälyn monimutkaisuuden luoneen esteen taiteilijoille, joilla on rajallinen tieto ja osaaminen järjestelmien hyödyistä ja sovelluksista.

Teknisen osaamisen vaatimukset korostavat tarvetta matalan kynnyksen palveluille, jotka mahdollistavat monimutkaisten järjestelmien hyödyntämisen ilman vahvan teknisen osaamisen vaatimuksia. Tämä korostuu varsinkin niillä aloilla, joille generatiivinen tekoäly voisi tuoda lisäarvoa, mutta joilla ei perinteisesti ole vahvaa teknologiaosaamista.

Vacanti ja kumppanit (2024, 159–161) mainitsevat kuitenkin monien uusien palveluiden käyttöliittymien sisältävän huomattavan määrän erilaisia syötekehtiiä parametreille, kuten tekstisyötelaatikoita, valikoita, nappeja ja liukusäätimiä, jotka voivat olla käyttäjälle haastavia yleisten standardisointimallien vielä puuttuessa.

KPMG (2024) toimitusjohtajatutkimuksessa havaittiin generatiivisen tekoälyn käyttöönoton haasteiden liittyvän usein henkilöstön osaamisen puutteeseen ja koulutuksen tarpeeseen. Tutkimus viittaisi siihen, että teknisen osaamisen puute on merkittävä este generatiivisen tehokkaalle hyödyntämiselle organisaatioissa, mikä korostaa tarvetta käyttäjäystävällisemmille ratkaisuille.

Teknisen osaamisen vaatimukset eivät näkyneet kirjallisuudessa yhtä merkittävänä haasteena, kun tutkimuksen suunnitteluvaiheessa oletettiin, mutta huomioitavaa on kirjallisuuden keskittymisen käyttöliittymiin, joita on jo kehitetty käyttäjäystävällisiksi, eikä esimerkiksi diffuusiomallien käyttämiseen omalla laitteella ilman rajapintoja. Kuitenkin käytettävyyden kehittäminen on jatkuva ja arvokas prosessi, jotta generatiivisen tekoälyn hyödyt jakautuisivat tasaisesti eri toimialoille ja käyttäjäryhmille, sekä huomioisi eri lähtökohdat ja tarpeet.

5.6 Ratkaisumalleja käyttöhaasteisiin

Weisz ja kumppanit (2024) kehittävät viitekehyksen, joka tarjoaa kuusi eri suunnitteluperiaatetta. Näistä periaatteista kolme tarjoaa generatiivisen tekoälyn tarkoitukseen räätälöityjä ratkaisuja, jo entuudestaan tekoälyn suunnittelussa tunnistetuille haasteille: ”suunnittele vastuullisesti”, ”suunnittele mentaalimalleja varten” ja ”suunnittele luottamusta ja tukeutumista varten”. Toiset kolme periaatetta vastaavat erityisesti generatiiviselle tekoälylle ominaisiin suunnitteluhaasteisiin: ”suunnittele generatiivista vaihtelua varten”, ”suunnittele yhteisluomista varten”, sekä ”suunnittele epätäydellisyttä varten”. Periaatteiden toimivuus ja arvo testattiin systemaattisella ja iteratiivisella arvioinnilla, jossa niitä sovellettiin kahden generatiivisen tekoälysovelluksen suunnitteluprosessin aikana. (Weisz ym. 2024.)

Suunnitteluviitekehys tarjoaa ratkaisumalleja kirjallisuuskatsauksessa tunnistettuihin käyttöhaasteisiin. Käyttöliittymän monimutkaisuuden aiheuttamiin haasteisiin yhteisluomisen suunnittelukäytännöt tarjoavat ratkaisuja kuten prosessiin vaikuttavien syötteiden hallinnan tarjoamisen käyttäjälle yhdenmukaisin ja käyttäjälle entuudestaan tutuilla tavoilla, käytettävästä mallista riippumatta (Weisz ym. 2024, luku A.5.2). Tekstisyötteiden muodostamisen haasteisiin suunnittelumallit tarjoavat ratkaisuksi muun muassa käyttäjien ohjeistamisen tehokkaiden syötteiden tuottamisessa, sekä tarjoamalla käyttäjälle mahdollisuuden ymmärtää, miten malli päätyi lopputulokseen (Weisz ym. 2024, luku A.3.2 - A.5.1).

Tekstisyötteiden muodostamisen haasteisiin Kim ja kumppanit (2024, luku 6) ehdottavat, että järjestelmä voisi näyttää käyttäjälle tuloksia generointiprosessin eri vaiheissa ja tarjota mahdollisuuden tarjota lisätietoja generointiprosessille, tai antaa käyttäjän muokata kuvaa piirtämällä siihen, jotta tekoälymalli tunnistaa kohdat, joita käyttäjä haluaa muokattavan. Vuoden 2024 tutkimuksessaan Vacanti ja kumppanit havaitsivat Craiyon-palvelun tarjoavan muiden käyttäjien generoimia kuvia inspiraatioksi tekstisyötettä kirjoittaessa generointiin käytetyn syötteen kanssa (Vacanti ym. 2024, 159), joka toimii sekä tekstisyötteen muodostamisen tukena, että käyttäjän osaamisen kehittämisen menetelmänä.

Tekoälyn ennustamattomuuteen ja mentaalimallien kehittämiseen Weisz ja kumppanit (2024, luku A.2.1 - A.4.2) esittävät ratkaisuksi käyttäjän orientoinnin generatiiviseen vaihtelevuuteen, joka auttaa käyttäjää ymmärtämään generatiivisten mallien tulosten vaihtelevuutta samoilla syötteillä. Lisäksi suositellaan myös käyttäjän aiempien vaiheiden visualisointia, joka auttaa käyttäjiä tutkimaan mahdollisuuksia ja muodostamaan mentaalimalleja seuraamalla aiempia tuloksia ja käytettyjä parametrejä. Tehokkaan käytön opettaminen ja käyttäjien mentaalimallin ymmärtäminen suunnitteluvaiheessa tulevat myös suunnitteluviitekehyksessä esille. (Weisz ym. 2024.)

Generatiivisten mallien epävarmuuden arvioimiseksi Franchi kollegoineen (2024) ovat kehittäneet suuria konenäköä käyttäviä kielimalleja hyödyntävän PUNC (Prompt-Based UNCertainty Estimation for T2I models) -menetelmän. Menetelmä analysoi generoidun kuvan semanttisia ominaisuuksia pyytämällä kuvailemaan generoidun kuvan tekstimuodossa ja vertaamalla tätä kuvausta alkuperäiseen tekstisyötteeseen. (Franchi ym. 2024.)

Älykkäiden järjestelmien validointimenetelmät voivat tarjota työkaluja myös generatiivisen tekoälyn ennustamattomuuden hallintaan. Kaplan (2024) esittää väitöskirjassaan käyttäjakeskeisen selitettävän tekoälyn (XAI) viitekehyksen, jonka avulla voitaisiin selvittää järjestelmän toimintaa. Kun generatiivisen tekoälyn mustan laatikon luonnetta avataan käyttäjälle, tämä voisi paremmin ennakoita sen käyttäytymistä. Yhtenä lupaavana näkökulmana voisi olla vuorovaikutteinen päätösten tutkiminen ja selittäminen, jonka avulla käyttäjät voisivat paremmin ymmärtää järjestelmää. Tämä lähestymistapa voisi vastata Hauhion ja kumppanien (Hauhio ym. 2024) tunnistamaan haasteeseen.

Yhdeksi teknisen osaamisen vaatimukseen ratkaisumalliksi voidaan esittää käyttöliittymän personointi. Kuten Kim ja kumppanit (2024, luku 1) mainitsevat, tehokkaan käyttökokemuksen luominen edellyttää käyttöliittymän mukautumisen joustavasti käyttäjien mieltymyksien ja tarpeiden mukaiseksi. He mainitsevat multimodaalisten käyttöliittymien tukevan tätä räätälöintiä tarjoamalla erilaisia vuorovaikutustapoja eri käyttäjäryhmille, samalla mahdollistaen monimutkaisten tekoälymallien yhdistämisen käytettävyyteen ja kasvattaen käyttäjän luottamusta järjestelmään.

Kantosalo (2019, 35) esittelee väitöskirjassaan Comptonin ja Mateasin suunnittelumalleja ihmisen ja tietokoneen väliseen yhteisluomiseen, joissa korostuu käsitys siitä, että tehokkuuteen keskittyvät ammattilaiskäyttäjät eivät ole yhtä halukkaita luovuttamaan hallintaa generatiiviselle järjestelmälle, kuin tavalliset, ei-ammattilaiskäyttäjät. Tämä näkökulma puoltaa myös käyttöliittymän personointia käyttäjän, sekä käyttötarkoituksen mukaan.

5.7 Kirjallisuuskatsauksen tulosten analysointi

Tutkimuksen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen kirjallisuus tarjoaa laajan näkemyksen haasteista, jotka liittyvät käyttöliittymien monimutkaisuuteen, tekstisyötteiden muodostamiseen, tekoälyn ennustamattomuuteen, käyttäjien mentaalimallien kehittämiseen, sekä teknisen osaamisen vaatimukseen. Toiseen tutkimuskysymykseen kirjallisuudesta löytyy useita potentiaalisia ratkaisumalleja, jotka keskittyvät käyttöliittymäsuunnittelun kehittämiseen, käyttäjän ymmärryksen ja oppimisen tukemiseen, sekä käyttäjän prosessinhallintamahdollisuuksien lisäämiseen. Keskeisessä osassa näitä ratkaisumalleja on käyttäjakeskeinen lähestymistapa, joka huomioi eri käyttäjäryhmien tarpeet ja osaamistasot, sekä osaamisen kehittämisen.

Tietoperustan luvussa kaksi käsitellyt generatiivisen tekoälyn tekniset ominaisuudet tukevat tutkimuksessa havaittujen haasteiden juurisyiden ymmärtämistä. Esimerkiksi diffuusiomallien toimintaperiaate, jossa täysin satunnaiseen kohinaan lisätään askeleittain rakennetta, johtaa osaltaan tekoälymallien ennustamattomuuteen ja siihen, minkä takia identtisellä syötteellä voidaan saada käytännössä rajaton määrä erilaisia kuvia. Tietoperustassa mainittu generointiprosessin ohjaaminen tekstisyötteellä osoittautui tutkimuksen myötä olevan yksi suurimpia käyttäjien kohtaamista haasteista. Generatiivisen tekoälyn liiketoiminnalliset mahdollisuudet -alaluku tarjosi näkökulmia etenkin Solitan (2023) ja KPMG:n (2024) tutkimusraporteista havaittuihin teknisen osaamisen käyttöhaasteisiin. Vaikka teknologia mahdollistaa prosessien tehostamisen liiketoiminnan näkökulmasta, sen tehokas käyttöönotto edellyttää uudenlaista osaamista, joka on rajallista erityisesti pienemmissä yrityksissä tai toimialoilla, joilla ei ole vahvaa teknistä osaamista.

ComfyUI:n erityispiirteet, joita tietoperustan alaluvussa 2.2 kuvataan, tukevat empirian havaintoja monimutkaisten generatiivisten järjestelmien käyttöhaasteista, erityisesti havaittujen käyttöliittymän monimutkaisuuden ja teknisen osaamisen haasteita, sekä korostavat ratkaisumallien tärkeyttä.

Käytettävyyden ja etenkin toisen tutkimuskysymyksen näkökulmasta tietoperustan kolmannessa luvussa käsitellyt asiat tukivat tutkimuksen tulosten ymmärtämistä. Tietoperustassa mainittu liiketoimintavaatimusten hierarkia, jossa ei-toiminnalliset vaatimukset kuvaavat palvelun laatuvaatimuksia tukee Kimin ja kumppanien (2024) suosituksia käyttöliittymäsuunnittelulle, sillä kyseessä on juuri näiden ei-toiminnallisten vaatimusten toteuttaminen käytännöntasolla. Empiriassa tunnistetut käyttöhaasteet ja niiden ratkaisumallit liittyvät myös tietoperustassa käsiteltyihin käytettävyyden aiheisiin, kuten ISO 9241-11 -standardiin. Erityisesti Weiszin ja kumppanien (2024) suunnitteluviitekehys tarjoaa ratkaisumalleja käytettävyyden haasteisiin. Toimeksiantajayrityksessä kehitettävän palvelun näkökulmasta tietoperustan kolmas luku tukee empiriassa havaittujen ratkaisumallien hyödyntämistä ja priorisointia käytännössä.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta generatiivisen tekoälyn käytettävyyden olevan moniulotteinen aihe, joka sisältää monia huomionarvoisia seikkoja, joihin ei kaikkiin välttämättä ole vielä yhtä selkeää linjausta. Järjestelmän kyvykkyyden tukea käyttäjän oppimisprosessia ja mentaalimallien kehittymistä generatiivisen tekoälyn yleistyessä havaittiin olevan tärkeä aihealue, joka on hyvä ottaa huomioon jo järjestelmän suunnitteluvaiheessa. Seuraavassa luvussa pohditaan, kuinka empiirisen tutkimuksen tuloksia voitaisiin käytännössä hyödyntää toimeksiantajayrityksessä kehitettävän palvelun käytettävyyden parantamiseksi, sekä käyttäjien osaamisen kehittymisen edistämiseksi.

6 Pohdinta

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, ”millaisia käyttöhaasteita generatiiviset tekoälymallit aiheuttavat?” tutkimus on tunnistanut viisi keskeistä haasteita aiheuttavaa aihealuetta, jotka on kuvattu yksityiskohtaisesti empirian alaluvuissa 5.1–5.5. Toisen tutkimuskysymyksen osalta, ”miten havaittuja käyttöhaasteita voidaan poistaa tai lieventää?” tutkimus on tuottanut konkreettisia ratkaisuehdotuksia pohjautuen kirjallisuuskatsauksen aineistoon. Toisen tutkimuskysymyksen aiheisiin perehdyttiin kirjallisuuden kautta empirian alaluvussa 5.6, sekä käytännön näkökulmasta suhteessa kehitettävään palveluun tämän luvun alaluvussa 6.3.

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää ketterän ohjelmistokehityksen eri vaiheissa. Tutkimustulosten perusteella voidaan määritellä käyttäjätarinoita ja kehitystehtäviä, jotka keskittyvät tutkimuksessa havaittuihin ongelmakohtiin. Lisäksi tuloksia voidaan hyödyntää käyttäjätestauksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Tutkimuksessa tunnistetut keskeisimmät käyttöhaasteet tarjoavat myös mittarit kehystoimenpiteiden onnistuneisuuden arviointiin.

Tässä luvussa analysoidaan tutkimusta ajankohtaisuuden, tarpeellisuuden, luotettavuuden, sekä sen hyödynnettävyyden näkökulmista. Lisäksi alaluvussa 6.2 tarkastellaan tutkimuksen aikana kirjallisuudesta havaittuja vastuullisuuden ja eettisyyden näkökulmia. Lopuksi reflektoidaan oppimisen kehitystä opinnäytetyöprosessin aikana.

6.1 Tutkimuksen ajankohtaisuus ja tarpeellisuus

Tutkimus asettuu ajankohtaiseen teknologisen murroksen aikakauteen, jossa generatiivinen tekoäly on saavuttanut laajaa suosiota niin kuluttajien, kuin ammattilaisten keskuudessa. Empiirisen ympäristön näkökulmasta tutkimus sijoittui erittäin ajankohtaiseen tilanteeseen, kun toimeksiantajayrityksen kehittämä palvelu on tutkimuksen toteuttamisen aikana siirtynyt beetatestausvaiheeseen. Tästä syystä tutkimuksen ajoitus mahdollistaa havaittujen käyttöhaasteiden huomioimisen palvelun jatkokehityksessä ja uusien toiminnallisuuksien suunnitteluvaiheessa.

Kirjallisuuskatsauksen tulokset heijastivat tutkimusten ja generatiivisten tekoälysovellusten nopeaa kehitystä viime vuosina. Tutkimusalueen nopeaa kehitystä kuvastaa esimerkiksi se, että vielä vuonna 2023 Liu Ja Chilton totesivat, että tekstisyötteiden muodostamista visuaalisen median generointiin kehitettyjen tekoälymallien kohdalla on tutkittu suhteellisen vähän, kun taas vuonna 2024 julkaistut tutkimukset, (esimerkiksi Oppenlaender ym. 2024; Vacanti ym. 2024) antoivat ymmärtää tutkimuksen selkeästi kehittyneen. Jos vastaavanlaisen tutkimuksen tekee esimerkiksi vuoden kuluessa, tulokset varsinkin ratkaisumallien osalta saattavat olla merkittävästi nykyhetkestä eroavia.

Tutkimuksen tulokset osoittivat tarpeen generatiivisten tekoälysovellusten käytettävyyden kehittämiseksi. Kirjallisuuskatsauksessa tunnistetut käyttöhaasteet, kuten käyttöliittymän monimutkaisuus, tekstisyötteiden muodostamiseen liittyvät haasteet ja tekoälymallien ennustamattomuus ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat palvelun käyttäjäkokemukseen ja käyttöönoton laajuuteen, mikäli palvelu ei osaamiseen liittyvien rajoitteiden takia tavoita kaikkia potentiaalisia käyttäjiä.

Palvelun kehittämisen näkökulmasta tunnistetut haasteet voivat tarjota kehityskohteita, joihin perehtymällä voidaan parantaa käyttäjäkokemusta ja erottua kilpailijoista. Esimerkiksi tekstisyötteiden muodostamisen yksinkertaistaminen ja käyttäjän oppimisprosessin tukeminen ovat kohteita, jotka voivat tuoda kilpailuetua, sekä kehittää käyttäjien osaamista, samalla vähentäen käyttäjätuen tarvetta ja vapauttaen enemmän yrityksen resursseja kehitystyöhön. Kuten kirjallisuuskatsauksessa havaittiin, tehokkaiden mediaa tuottavien generatiivisten tekoälypalveluiden käyttö vaatii usein syvällistä osaamista. Parantamalla käytettävyyttä palvelu voi saavuttaa laajemman potentiaalisen käyttäjäkunnan, mikä on liiketoiminnallisesti merkittävä etu. Tämä näkyy esimerkiksi KPMG (2024) tutkimuksessa, jossa henkilöstön osaamisen puute oli tunnistettu yhdeksi generatiivisen tekoälyn käyttöönoton esteeksi organisaatioissa.

6.2 Vastuullisuuden näkökulmat

Tässä luvussa tarkastellaan tutkimusaineistosta havaittuja vastuullisuuden näkökulmia. Sillä tutkimuskysymykset eivät liittyneet vastuullisuuteen, nämä havainnot jätettiin empirian ulkopuolelle, jotta fokus pysyy tutkimuskysymyksiensä määrittämässä aiheissa. Kuitenkin vastuullisuus on erityisesti generatiivisen tekoälyn kontekstissa erittäin tärkeä ja ajankohtainen aihe, joten näihin teemoihin liittyvät havainnot ansaitsevat tulla käsitellyiksi ainakin lyhyesti tässä pohdintaosiossa, vaikka ne eivät olekaan tutkimuksen varsinaista ydinsisältöä.

Vastuullisuuden näkökulmasta tutkimus herättää tärkeän kysymyksen teknologian saavutettavuudesta. Kuten tutkimuksessa on todettu, teknisen osaamisen vaatimukset voivat muodostaa esteen tiettyjen käyttäjäryhmien mahdollisuuksille hyödyntää generatiivista tekoälyä. Pyrkimykset teknisen osaamisen kynnyksen madaltamiselle ja käyttäjäystävällisempien ratkaisujen kehittämiseksi edistävät digitaalista tasa-arvoa ja laajentavat teknologian hyödyntämismahdollisuuksia eri toimialoilla, joka voisi osaltaan vaikuttaa Solitan (2023, 15–18) tutkimuksen tunnistamaan syrjintään, tai sen tunnistamiseen. Kim ja kumppanit (2024) huomauttavat, että tekoälyn yhteiskunnallisen hyödyn varmistamiseksi on tärkeää varmistaa, että tekoälyjärjestelmät ovat läpinäkyviä, vastuullisia ja yhteiskunnallisten arvojen mukaisia, sillä tekoäly vaikuttaa ihmisten tapoihin kommunikoida, muodostaa suhteita ja jopa käsittää todellisuutta. Vastuullinen suunnittelu on keskeinen periaate generatiivisten tekoälyjärjestelmien kehittämisessä. Kaikkien tekoälyjärjestelmien käyttö, mukaan lukien generatiivisia kyvykkyksiä sisältävät järjestelmät, voi johtaa erilaisiin haittoihin, joten suunnittelijoiden

on välttämätöntä omaksua yhteiskunnallinen näkökulma suunnitellessaan vastuullisesti. (Weisz ym. 2024, luku A.1.)

Tekoälyn energiankulutus on myös ollut viime aikoina paljon keskustelua herättänyt aihe. Vacantin ja kumppanien mukaan kuvagenerointiin käytettävän sähkönkulutuksen määrää ei ole vielä tarkasti todennettu, vaikka yleisessä tiedossa on, että generatiivisten tekoälymallien kouluttaminen vaatii huomattavan määrän energiaa. Vaikka yksittäisen kuvan tuottaminen vaatii huomattavasti vähemmän laskentatehoa kuin mallin kouluttaminen, generointia tapahtuu huomattavasti useammin, mahdollisesti jopa miljardeja kertoja päivässä. (Vacanti ym. 2024, luku 1.) Tekoälymallien kouluttamisen hiilijalanjälki tuli myös Kimin ja kumppanien (2024, luku 6) tutkimuksessa esiin yhtenä generatiivisen tekoälyn haasteista.

Myös tietoperustan alaluvussa 2.3 mainitut tekijänoikeudelliset kysymykset ovat edelleen osittain avoimia. Rajcic ja kumppanit mainitsevat suurten diffuusiomallien, kuten Stable Diffusionin kohdalla olevan havaittavissa eettisiä ongelmia datan hankitavoissa. Useimmat heidän tutkimukseensa osallistuneista ilmaisi tietoisuutensa käynnissä olevasta eettisestä keskustelusta, joka liittyy datan keräämiseen verkkoharavoinnin avulla, joka ohittaa taiteilijoiden suostumuksen teosten käyttämiseen. Lisäksi erityisesti taitelijat ovat ilmaisseet huolensa siitä, että kyseiset teknologiat vaarantavat heidän toimeentulonsa ja ammattitaitonsa tarpeen. (2024, luku 4.3.) Myös Shin ja kumppanien (2023, luku 2.2) tutkimuksessa tuli esiin vastaavat huolenaiheet, erityisesti taiteilijoiden suunnalta.

6.3 Tutkimuksen hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää ohjelmistokehityksen eri vaiheissa. Erityisesti Weiszin ja kumppanien (2024) kehittämä suunnitteluvitekehys tarjoaa konkreettisia menetelmiä generatiivisten tekoälyn järjestelmien käyttöliittymäsuunnittelun tueksi, jonka kuusi suunnitteluperiaatetta voidaan integroida toimeksiantajayrityksen suunnittelu- ja kehitysprosessiin. Yhdessä muiden tutkimuksessa havaittujen ratkaisumallien kanssa näiden periaatteiden soveltaminen auttaa luomaan käyttäjälähtöisen ja intuitiivisen käyttöliittymän, joka palvelee sekä edistyneitä, että aloittelevia käyttäjiä ja tukee oppimisen kehittämistä.

Kehitettävän palvelun vaatimusmäärittelyvaiheessa tutkimustulokset auttavat tunnistamaan käyttäjien todellisia tarpeita ja haasteita, joka saattavat jäädä kehitystyön aikana muuten havaitsematta, mikä ohjaa prioriteettien asettamista. Tietoperustan alaluvussa 3.2 käsiteltyjen liiketoimintavaatimusten ja muutostenhallinnan ymmärtäminen tukee suunnitteluprosessia, kun osataan ottaa liiketoiminnan näkökulmat huomioon. Suunnitteluvaiheessa tutkimustuloksia voidaan hyödyntää käyttöliittymäsuunnittelussa ottaen huomioon esimerkiksi käyttäjän mentaalimallien sekä oppimisen

kehittymisen mahdollistamisen. Lisäksi järjestelmän toiminnallisuuksien suunnittelussa voidaan ottaa paremmin tekstisyötteiden muodostamisen haasteet huomioon, esimerkiksi tallentamalla prosessissa käytetyt metatiedot ja esittämällä median luomiseen käytetyt tekstisyötteen kaikille käyttäjille. Tätä näkökulmaa puoltaa myös beetetestausvaiheessa saatu käyttäjäpalautte. Ohjelmistokehityksen testausvaiheessa tunnistetut haasteet tarjoavat kriteeristön, jonka avulla käyttöliittymän toimivuutta voidaan arvioida, sekä tietoperustan alaluvussa 3.1 mainitut menetelmät tarjoavat tavan mitata käyttäjäkokemusta muutosprosessin jälkeen, joka mahdollistaa muutosten toimivuuden varmistamisen.

Konkreettisina käytännön esimerkkeinä palvelun kehittämiseksi voidaan mainita esimerkiksi johdonmukaisen terminologian ja käyttöliittymäelementtien kehittäminen, joka tukee käyttäjän oppimista. Käyttäjän entuudestaan tuntemien elementtien hyödyntäminen kehittää käyttöliittymän intuitiivisuutta, joka parantaa käyttäjäkokemusta (Kim ym. 2024, luku 1). Kehitettävän palvelun kontekstissa voitaisiin kiinnittää huomiota eri syötekehtien yhdenmukaistamiseen, sekä esimerkiksi liukusäätimien hyödyntämiseen numeeristen arvojen syöttämisessä.

Toisena esimerkkinä voidaan esittää tekstisyötteiden muodostamisen tukimekanismien kehittäminen, kuten muiden käyttäjien tuottamien esimerkkien hyödyntäminen, esimerkiksi Vacantin ja kumppanien (2024, 159) havaitsemalla menetelmällä. Tutkimuksen aikana heräsi myös kysymys, voisiko suurta kielimallia hyödyntää muokkaamaan käyttäjän tekstisyötettä sopivammaksi diffuusiomalleille. Tähän kuitenkin havaittiin vasta-argumentti Vacantin ja kumppanien (2024, 163) tutkimuksesta, jossa he totesivat sen vähentävän käyttäjän kontrollia, sekä kielimallien tuovan omia rajoitteita ja näkemyksiä voimakkaasti esiin. Palvelumme nykyinen toiminnallisuus, joka mahdollistaa sisällöntuottajan määrittelemän automaattisen tekstin lisäämisen käyttäjän syöteen alkuun tai loppuun, toimii tehokkaana tukimekanismina käyttäjälle. Tätä ominaisuutta voitaisiin kuitenkin kehittää selitettävän tekoälyn näkökulmasta ja näyttää käyttäjälle generoinnissa käytetty tekstisyöte kokonaisuudessaan.

Tekoälyn generointivaiheiden visualisointi voisi olla tehokas tapa tukea käyttäjän mentaalimallien kehittymistä. Käytännössä tämä voisi toteutua esimerkiksi animoituna prosessinäkymänä, joka näyttää reaaliajassa kuvan muodostumisen vaiheet. Erityisesti palvelun kehittyessä tämä voisi olla toteutettavissa moniosaisissa generointiprosesseissa, joissa käyttäjä voisi hallita prosessia sen eri vaiheissa.

Myös käyttöliittymän personointi eri käyttäjäryhmille on tärkeää huomioiden edistyneiden käyttäjien ja aloittelijoiden erilaiset tarpeet. Edistyneemmät toiminnot voitaisiin piilottaa vaikka erillisen asetuksen taakse, joka kuitenkin olisi helposti löydettävissä. Tämä tarjoaisi aloitteleville käyttäjille

yksinkertaisen näkymän, joka ei ole kognitiivisesti yhtä kuormittava, mutta samalla mahdollistaen edistyneemmille käyttäjille pääsyn kaikkiin säätömahdollisuuksiin.

Vastuullisuuden ja energiankulutuksen näkökulmasta palvelussa voisi hyödyntää Vacantin ja kumppanien (2024, luku 4) ehdotusta näyttää käyttäjälle yhden kuvan generointiin kuluva sähkön määrä, joka mahdollistaisi käyttäjälle energiatehokkaan vaihtoehdon valitsemisen. Käytännön tasolla voi olla kuitenkin hyvin haastavaa arvioida todenmukainen kulutus.

Toteutettu tutkimus loi pohjan uusille mielenkiintoisille jatkotutkimusaiheille. Ensinnäkin saavutettavuuden näkökulma jäi tässä tutkimuksessa rajauksen ulkopuolelle, vaikka se on olennainen osa käytettävyyttä (Rubin ym. 2008, 5). Jatkotutkimuksessa voitaisiin keskittyä erityisesti näytönlukijoiden toimivuuteen generatiivisen tekoälyn kontekstissa, värikontrastien optimointiin ja muihin saavutettavuuden elementteihin. Näytönlukijoiden kontekstissa potentiaalinen tutkimusaihe voisi kohdistua konenäköteknologiaa ja suuria kielimalleja hyödyntäviin ratkaisuihin, jotka mahdollistaisivat kuvasisällön tunnistamisen ja ääneen kuvailun.

Toiseksi hakukoneoptimoinnin näkökulma generatiivisen tekoälyn palveluiden löydettävyyden kehittämiseksi tarjoaisi konkreettisen jatkotutkimusaiheen, sillä tutkimuksessa havaittu terminologian epäsäännöllisyys ja vakiintumattomuus voi vaikuttaa siihen, kuinka potentiaaliset käyttäjät löytävät palvelun hakukoneiden kautta.

Myös käyttäjien oppimisprosessin tukeminen interaktiivisten oppaiden ja ohjeiden avulla tarjoaisi mielenkiintoisen ja hyödyllisen jatkotutkimusaiheen. Tutkimus voisi keskittyä erityisesti tarkastelemaan mitkä termit ja käsitteet ovat kokemattomien käyttäjien näkökulmasta intuitiivisia, joka tehostaisi oppimisprosessin kehittämistä poistamalla uuden terminologian opettelemisen vaatimukset.

Liiketoiminnallisesta näkökulmasta tutkimus herätti mielenkiintoisen jatkokysymyksen, ”miten parannettu käyttökokemus vaikuttaa palvelun liiketoiminnallisiin mahdollisuuksiin?”. Tutkimus voisi tarkastella käytettävyyden ja liiketoiminnan mittareiden, kuten käyttäjämäärän kasvun ja käyttäjien sitoutumisen välistä yhteyttä generatiivisen tekoälyn palvelun kontekstissa.

6.4 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksessa hyödynnettiin pääasiassa tieteellisen tarkastusprosessin läpikäyneitä vertaisarvioituja julkaisuja, esimerkiksi Weiszin ja kumppanien (2024) kehittämä suunnitteluviitekehys generatiivisen tekoälyn järjestelmille edustaa korkeatasoista tutkimusta, jonka tuloksia on arvioitu käytännön sovellusten kautta. Toinen esimerkki laadukkaasta lähdeaineistosta on Kimin ja kumppanien (2024) tutkimus generatiivisen tekoälyn ja käyttöliittymäsuunnittelun välisestä yhteydestä. Tutkimus tarjoaa monipuolisen näkemyksen aiheeseen ja sen merkitykseen käyttäjän oppimisprosessissa.

Myös Kantosalon (2019) väitöskirja ihmisen ja tietokoneen yhteisluomisesta tuo tutkimukseen pitkäjänteisempää näkökulmaa, vaikka se on julkaistu ennen generatiivisen tekoälyn viimeisintä kehitysaaltoa.

Joissakin tapauksissa tutkimuksessa hyödynnettiin myös muita kuin vertaisarvioituja lähteitä, kuten asiantuntijaorganisaatioiden tutkimusraportteja, esimerkiksi KPMG:n (2024) ja Solitan (2023) raportit. Näiden käyttämisen perusteena on niiden tarjoama ajankohtainen tieto generatiivisen tekoälyn käyttöönoton haasteista organisaatioissa, täydentäen tutkimusta käytännön näkökulmalla.

Tutkimuksen rajoittavana tekijänä voidaan pitää sen rajallista otantaa suhteessa laajaan ja nopeasti kehittyvään tutkimuskenttään. Kuten alaluvussa 4.3 todettiin, aikataulurajoitteiden vuoksi jouduttiin rajaamaan joitakin potentiaalisesti relevantteja tutkimuksia pois lopullisesta analyysistä. Lisäksi nopeaa kehitystä kuvastaa se, että osasta tutkimusaiheen näkökulmasta relevantista tutkimuksesta oli tarjolla vasta vertaisarvioimaton preprint-versio, jota ei tämän vuoksi voitu tutkimukseen sisällyttää. Lisäksi on huomioitava, että narratiivinen kirjallisuuskatsaus on alttiimpi subjektiivisille tulkinnoille kuin esimerkiksi systemaattinen kirjallisuuskatsaus tai kvantitatiivinen meta-analyysi.

Kokonaisuudessaan tutkimus kuitenkin tarjoaa kattavan ja perustellun näkemyksen generatiivisen tekoälyn käyttöhaasteisiin ja niiden ratkaisumalleihin, joita on mahdollista soveltaa käytännössä. Lisäksi tarkka kuvaus käytetyistä hakutermeistä, tietokannoista ja valintakriteereistä mahdollistaa tutkimuksen toistettavuuden ja läpinäkyvyyden. Tutkimuksen luotettavuutta tukee myös se, että tutkimustuloksia on tarkasteltu suhteessa käytännön havaintoihin toimeksiantajayrityksen kehittämästä palvelusta, sekä beetestauksessa saadusta käyttäjäpalautteesta.

6.5 Osaamisen kehittyminen opinnäytetyöprosessin aikana

Opinnäytetyöprosessi oli erittäin opettavainen kokemus, joka on syventänyt tutkijan osaamista sekä tieteellisen tutkimuksen tekemisessä että projektinhallinnassa. Empiirisen tutkimuksen toteuttaminen ja suunnittelu opettivat paljon siitä, miten tutkimusta kannattaa lähestyä käytännössä.

Prosessi osoitti selkeästi, kuinka tärkeää on tutkimuksen vaiheiden oikea järjestys. Tietoperustan rakenteen tarkka luonnostelu ennen empiirisen tutkimuksen tulosten kirjoittamista toi omat haasteensa, sillä rakennetta jouduttiin tämän jälkeen muokata useampaan otteeseen. Alkuperäisiä alalukuja poistettiin ja uusia, tutkimusta paremmin tukevia lukuja lisättiin tilalle, joka vaati aiemmin kerättyjen lähteiden hylkäämistä ja uusien etsimistä. Tulevaisuutta ajatellen tietoperusta kannattaa luonnostella vasta tutkimuksen toteuttamisen jälkeen, jottei resursseja kuluisi ylimääräiseen työhön niin paljon. Tämä voi osaltaan kuvastaa sitä, että tutkimuksen toteutukseen ei lähdetty täysin

objektiivisesti, vaan tutkijalla oli omat hypoteesit tutkimustuloksista, joiden mukaan tietoperusta aluksi luonnosteltiin ja jotka osoittautuivat myöhemmin osittain vääriksi.

Myös kirjallisuuskatsaus tutkimusmuotona osoittautui oletettua ajallisesti vaativammaksi. Etenkin tässä tapauksessa monet tutkimuksen kannalta relevantilta vaikuttavat tutkimukset osoittautuivat keskittyvän vain generatiivisen tekoälyn mallien suunnitteluun, joka yleensä havaittiin vasta syvällisemmässä aineiston tarkastelussa.

Projektissa onnistuttiin hyvin lähdekriittisyyden kehittämisessä, sekä aikataulun noudattamisessa kiitettävästi, vaikka kirjallisuuskatsauksen tutkimusosuus kesti huomattavasti suunniteltua pidempään. Myös akateemisen kirjoittamisen taito, joka oli opinnäytetyöprosessin alussa hieman ruosteessa, kehittyi prosessin edetessä, joka toisaalta vaati muutamien kappaleiden uudelleenkirjoittamista. Kokonaisuutena prosessi oli erittäin mielenkiintoinen ja empiirisessä tutkimuksessa havaitut aiheet ovat auttaneet tunnistamaan olennaisia asioita työelämässä.

Lähteet

Albert, W. & Tullis, T. 2013. Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. 2. painos. Burlington: Elsevier Science. E-kirja. Luettu: 25.4.2025.

Baumeister, R.F. & Leary, M.R. 1997. Writing narrative literature reviews. *Review of General Psychology*, 1(3), s. 311–320. Luettavissa: <https://psychology.yale.edu/sites/default/files/baumeister-leary.pdf>. Luettu: 3.4.2025.

ComfyUI s.a. Core Concepts. Luettavissa: <https://docs.comfy.org/essentials/core-concepts>. Luettu: 23.4.2025.

Davies, M. 2011. Concept mapping, mind mapping and argument mapping: What are the differences, and do they matter? *Higher education*, 62(3), s. 279–301. Luettavissa: <https://doi.org/10.1007/s10734-010-9387-6>. Luettu: 23.3.2025.

Ferrari, R. 2015. Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*. 24. s. 230–235. Luettavissa: <http://dx.doi.org/10.1179/2047480615Z.000000000329>. Luettu: 12.4.2025.

Franchi, G., Trong, D. N., Belkhir, N., Xia, G., & Pilzer, A. 2024. Towards Understanding and Quantifying Uncertainty for Text-to-Image Generation. arXiv:2412.03178. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2412.03178>. Luettu: 29.3.2025.

Girvan, L. & Paul, D. 2024. *Agile and Business Analysis*, 2nd Edition. BCS, The Chartered Institute for IT. E-kirja. Luettu: 26.4.2025.

Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A. & Bengio, Y. 2014. Generative Adversarial Networks. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/1406.2661>. Luettu: 20.3.2025.

Grant, M.J. & Booth, A. 2009. A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health information and libraries journal*, 26(2), s. 91–108. Luettavissa: <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>. Luettu: 12.3.2025.

Green, B., Johnson, C. & Adams, A. 2006. Writing Narrative Literature Reviews for Peer-Reviewed Journals: Secrets of the Trade. *Journal of chiropractic medicine*. 5. s. 101–117. Luettavissa: [https://doi.org/10.1016/S0899-3467\(07\)60142-6](https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6). Luettu: 12.3.2025.

Harvard Business Review Press. 2024. Generative AI. Boston, Massachusetts: Harvard Business Review Press. Luettavissa: <https://research-ebSCO-com.ezproxy.haaga-helia.fi/linkprocessor/plink?id=1ce6d15c-651e-3d48-90e1-8ddb819d756e>. Luettu: 26.3.2025.

Hassenzahl, M. & Tractinsky, N. 2006. User Experience - A Research Agenda. Behaviour & Information Technology, 25(2), s. 91–97. Luettavissa: <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>. Luettu: 12.4.2025.

Hauhio, I, Kantosalu, A, Linkola, S & Toivonen, H. 2023. The Spectrum of Unpredictability and its Relation to Creative Autonomy. Proceedings of the 14th International Conference on Computational Creativity. Association for Computational Creativity (ACC), s. 148-152. Luettavissa: <https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/the-spectrum-of-unpredictability-and-its-relation-to-creative-aut>. Luettu: 3.4.2025.

International Institute of Business Analysis. 2015. BABOK Guide: A Guide to Business Analysis Body of Knowledge. 3. versio. Toronto. International Institute of Business Analysis. Luettu: 25.4.2025.

Islam, T., Miron, A., Nandy, M., Choudrie, J., Liu, X. & Li, Y. 2024. Transforming Digital Marketing with Generative AI. Computers (Basel), 13(7), 168. Luettavissa: <https://www.mdpi.com/2073-431X/13/7/168>. Luettu: 26.4.2025.

ISO 9241-11. 2018. Ergonomics of Human-System Interaction - Part 11: Usability: Definitions and Concepts.

Kaplan, S. & Lappeenranta-Lahden teknillinen yliopisto LUT. LUTin insinööritieteiden tiedekunta. 2024. Data-centric remedies for challenges in computer vision applications: Insights from active learning, deep generative models, and explainable AI. Lappeenranta: Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT. Luettavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-412-075-3>. Luettu: 29.3.2025.

Kantosalu, A. 2019. Human-computer co-creativity: Designing, evaluating and modelling computational collaborators for poetry writing. Helsinki: University of Helsinki. Luettavissa: <http://hdl.handle.net/10138/303928>. Luettu: 3.4.2025.

Kim, T. -S., Ignacio, M.J., Yu, S., Jin, S. & Kim, Y. -G. 2024. UI/UX for Generative AI: Taxonomy, Trend, and Challenge. IEEE Access, vol. 12, s. 179891–179911. Luettavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10758657>. Luettu: 25.3.2025.

Kore, A. 2022. Designing Human-Centric AI Experiences: Applied UX Design for Artificial Intelligence. Berkeley, CA: Apress L. P. E-kirja. Luettu: 26.3.2025.

KPMG 2024. 2024 U.S. CEO Outlook. KPMG. Luettavissa: <https://kpmg.com/us/en/articles/2024/kpmg-2024-us-ceo-outlook.html>. Luettu: 29.3.2025.

Kumar, A., Shankar, A., Hollebeek, L. D., Behl, A. & Lim, W. M. 2025-02-01. Generative artificial intelligence (GenAI) revolution: A deep dive into GenAI adoption. Journal of business research, 189, p.115160. Luettavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.115160>. Luettu: 27.4.2025.

Liu, V. & Chilton, L.B. 2023. Design Guidelines for Prompt Engineering Text-to-Image Generative Models. Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, s. 1-14. Luettavissa: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.06977>. Luettu: 26.3.2025.

Nielsen, J. 1993. Usability Engineering. Morgan Kaufmann. E-kirja. Luettu: 18.4.2025.

NIST, National Institute of Standards and Technology. 2024. Glossary: The Language of Trustworthy AI: An In-Depth Glossary of Terms. Luettavissa: <https://airc.nist.gov/glossary/>. Luettu: 29.4.2025.

Oppenlaender, J., Linder, R. & Silvennoinen, J. 2024. Prompting AI Art: An Investigation into the Creative Skill of Prompt Engineering. International journal of human-computer interaction, s. 1–23. Luettavissa: <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2431761>. Luettu: 23.3.2025.

Phoenix, J. & Taylor, M. 2024. Prompt Engineering for Generative AI. O'Reilly Media, Inc. E-kirja. Luettu: 23.4.2025.

Podell, D., English, Z., Lacey, K., Blattmann, A., Dockhorn, T., Müller, J., Penna, J. & Rombach, R. 2023. SDXL: Improving Latent Diffusion Models for High-Resolution Image Synthesis. Stability AI, Applied Research. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2307.01952>. Luettu 18.4.2025

Rajcic, N., Llano Rodriguez, M.T. & McCormack, J. 2024. Towards a Diffractive Analysis of Prompt-Based Generative AI. New York, NY, USA: ACM. Luettavissa: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3613904.3641971>. Luettu: 29.3.2025.

Rubin, J., Chisnell, D., & Spool, J. 2008. Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests, Second Edition. John Wiley & Sons, Incorporated. E-kirja. Luettu: 28.4.2025.

Salminen, A. 2023. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja joihinkin hallintotieteellisiin sovelluksiin. 2. tarkistettu painos. Vaasan yliopisto. Vaasa. Luettu: 19.3.2025.

- Shi, J., Jain, R., Duan, R. & Ramani, K. 2023. Understanding Generative AI in Art: An Interview Study with Artists on G-AI from an HCI Perspective. arXiv.org. Luettavissa: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.13149>. Luettu: 29.3.2025.
- Solita 2023. Suomen Top500-yhtiöt GenAI:n hyödyntäjinä (GenAI tutkimus 2023). Solita. Luettavissa: <https://www.sttinfo.fi/files/69819622/70043056/29674/fi>. Luettu: 23.3.2025.
- Stein, C. 2024. Digital materiality. Trayectorias humanas trascontinentales, 18. Luettavissa: <https://www.unilim.fr/trahs/6416>. Luettu 17.4.2025.
- Stratis, K. 2023. What Is Generative AI? O'Reilly Media, Inc. E-kirja. Luettu 17.4.2025.
- Tate, M. & Humphreys, C. 2015. Off-The-Shelf IT Solutions - A practitioner's guide to selection and procurement. Swindon: BCS, The Chartered Institute for IT. E-kirja. Luettu: 21.4.2025.
- Toricelli, M., Martino, M., Baronchelli, A. & Aiello, L.M. 2024. The Role of Interface Design on Prompt-mediated Creativity in Generative AI. New York, NY, USA: ACM. Luettavissa: <https://doi.org.ezproxy.haaga-helia.fi/10.1145/3614419.3644000>. Luettu: 29.3.2025.
- Turing, A.M. 1950. Computing machinery and intelligence. Mind, 49, s. 433–460. Luettavissa: <https://courses.cs.umbc.edu/471/papers/turing.pdf>. Luettu: 12.4.2025.
- Vacanti, A., Burlando, F., Paz Ortiz, A. I. & Menichinelli, M. 2024. Challenges and Responsibilities in the UX Design of Text-to-Image AI Models: A Discussion Through a Comparative Heuristics Evaluation. Temes de disseny, 40. Luettavissa: <https://doi.org/10.46467/TdD40.2024.156-175>. Luettu: 26.3.2025.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A.N., Kaiser, L. & Polosukhin, I. 2023. Attention is all you need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30, s. 5998–6008. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>. Luettu 17.4.2025.
- Vilkkä, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina. Art House. Helsinki. E-kirja. Luettu: 20.3.2025.
- Weisz, J.D., He, J., Muller, M., Hofer, M., Miles, C. & Geyer, W. 2024. Design Principles for Generative AI Applications. Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Luettavissa: <https://doi.org/10.1145/3613904.3642466>. Luettu: 26.3.2025.
- Wieggers, K. & Hokanson, C. 2023. Software Requirements Essentials: Core Practices for Successful Business Analysis. Addison-Wesley Professional. E-kirja. Luettu: 24.4.2025.

Xue, X., Lu, Z., Huang, D., Wang, Z., Ouyang, W. & Bai, L. 2024. ComfyBench: Benchmarking LLM-based Agents in ComfyUI for Autonomously Designing Collaborative AI Systems. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2409.01392>. Luettu: 23.4.2025.

Yang, L., Zhang, Z., Song, Y., Hong, S., Xu, R., Zhao, Y., Zhang, W., Cui, B. & Yang, M-H. 2024. Diffusion Models: A Comprehensive Survey of Methods and Applications. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2209.00796>. Luettu: 29.3.2025.