

Tekoäly osana ihmisen ja tietokoneen  
vuorovaikutusta: viitekehykset ja  
käytännön sovellukset multimodaalisissa  
käyttöliittymissä

TURUN YLIOPISTO  
Tietotekniikan laitos  
LuK-tutkielma  
Tietojenkäsittelytiede  
Toukokuu 2025  
Kristo Jonsson

TURUN YLIOPISTO

Tietotekniikan laitos

KRISTO JONSSON: Tekoäly osana ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutusta: viitekeh-  
ykset ja käytännön sovellukset multimodaalisissa käyttöliittymissä

LuK-tutkielma, 27 s.

Tietojenkäsittelytiede

Toukokuu 2025

---

Tietokoneen rooli toimistossa toimivana asiantuntijan työkaluna on ollut pitkään muutoksessa, vaikka ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen paradigmat ovat pysyneet pääasiassa muuttumattomina. Vuorovaikutusmuotoilijoiden ja käyttöliittymäkehittäjien on herättävä tähän muutokseen ja panostettava älykkäämpien kokemusten kehittämiseen. Tämä vaatii holistista osaamista sekä teknologian, että käyttäjien empatian ymmärtämisessä.

Tutkielmassa tutustutaan perinteisten käyttöliittymien haasteisiin ja niiden taustaan, kuten muuttuneeseen käyttäjäkuntaan. Sen jälkeen niille esitetään parannusehdotuksia korkean tason viitekehysten muodossa perustuen alan kirjallisuuskatsaukseen. UX 3.0 ja interaktiiviset käyttöliittymät tuovat kokonaisvaltaisempaa kantaa käyttökokemuksen kehittämiseksi ottaen huomioon sekä teknologian mahdollisuudet, että ihmiskeskeisen ajattelumallin.

Viimeisessä osiossa keskitytään esitettyjen viitekehysten käytännönläheisempiin ratkaisuihin tekoälyn näkökulmasta. Lupaaviksi vaihtoehdoiksi ilmenevät luonnollisen kielen käsittelyn ja suurten kielimallien monisovelluslaiset hyödyt ja varsinkin niiden integrointi osaksi multimodaalista UX-kehitystä. Mallit tuovat kuitenkin haasteita laajamittaisessa integraatiossa ja tutkimukset niiden käytännön vaikutuksista ilmenevät rajoittuneiksi.

Asiasanat: tekoäly, käyttöliittymät, käyttökokemussuunnittelu, ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus, luonnollisen kielen käsittely, suuret kielimallit, multimodaalisuus

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Perinteiset käyttöliittymät ja niiden rajoitteet</b>	<b>4</b>
2.1	Rajoitteet ohjelaitteiden tietovirroissa . . . . .	5
2.2	Laajentunut käyttäjäkunta . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Kolmannen aikakauden käyttökokemussuunnittelu</b>	<b>7</b>
3.1	UX 3.0 -viitekehys . . . . .	7
3.2	Älykkäät ja adaptiiviset käyttöliittymät . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Tekoälylliset käyttöliittymät</b>	<b>12</b>
4.1	Tekoälyn nykytilanne käyttöliittymissä . . . . .	13
4.2	Luonnollisen kielen käsittelyteknologiat . . . . .	14
4.3	Suuret kielimallit . . . . .	16
4.3.1	Käyttökohteita . . . . .	18
4.3.2	Haasteet . . . . .	19
4.4	Tekoäly käyttöliittymän suunnittelun ajurina . . . . .	20
<b>5</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>25</b>
5.1	Keskeiset havainnot . . . . .	25
5.2	Tutkielman rajoitteet ja jatkotutkimus . . . . .	26
	<b>Lähdeluettelo</b>	<b>28</b>

# Taulukot

3.1 Käyttökokemussuunnittelun kolme aikakausiin sidonnaista viitekehystä. [7] . . . . .	8
4.1 Kokoelma avoimen lähdekoodin tietojoukkoja, jotka soveltuvat UX- ja UI-kehityksen tekoälymenetelmille. [6] . . . . .	24

# 1 Johdanto

Digitalisaation johdosta kaupungissa asuva ihminen on nykyään lähes jatkuvassa vuorovaikutuksessa tietokoneen kanssa. Kyseessä on historiallisesti katsottuna hyvin uusi, mutta silti yhteiskuntaa vahvasti muuttava ilmiö. Uudet ja monet nykyisetkin sukupolvet tulevat näkemään tietokoneen tärkeänä osana elämäänsä. Tässä on hyvä huomioida, että termi 'tietokone' ei viittaa pelkästään kannettaviin tietokoneisiin, puhelimiin tai pöytätietokoneisiin, mutta yleisesti digitaalisiin laitteisiin, jotka kykenevät käsittelemään ja tallentamaan dataa ohjelmallisen algoritmin mukaan.

Ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen (engl. *Human-computer interaction*, HCI) kehittäminen ohjelmistokehityksessä perinteisesti perustuu pääasiassa käyttöliittymäsuunnitteluun (engl. *User interface design*, UI-design) [1]. Käyttöliittymäsuunnittelussa pyrimme kehittämään tietokoneohjelmasta tai verkkosivusta interaktiivista sen käyttäjälle, jotta vuorovaikutus sen kanssa on mahdollista. Yleensä tämä perustuu visuaalisen ilmeen luontiin ja erilaisiin tekniikoihin kuten nappeihin, ikkunoihin ja muihin tuttuihin elementteihin. [2] [3] Käyttöliittymäsuunnittelun lisäksi toisena alan aiheena on käyttökokemussuunnittelu (engl. *User experience design*, UX-design), joka keskittyy kehittämään ihmisen vuorovaikutusta ja siitä syntyviä kokemuksia ja tunteita kyseisen käyttöliittymän kanssa. Olennaista on luoda intuitiivinen kokemus käyttöliittymän käyttäjälle. Käyttökokemussuunnittelu ylettyy ohjelmiston lisäksi myös fyysisten laitteiden suunnitteluun, mutta tämä tutkielma keskittyy ihmisen vuorovaikutukseen tietokoneen ohjelmiston kanssa.

Tietokoneiden alkuaikoina ne nähtiin työkaluina, joita ihminen voi hyödyntää helpottaakseen yksinkertaisia työtehtäviä, mutta nykyään jatkuvasti kehittyneiden ohjelmistojen ja teknologioiden kautta tämä ihmisen ja tietokoneen välinen suhde on muutoksessa [4]. Perinteiset käyttöliittymäratkaisut muodostavat rajoitteita nykyaikaisille ja monimutkaisille ohjelmistoille, ja tekevät niiden käytöstä haastavaa käyttäjilleen. Vuorovaikutussuunnittelussa onkin otettava nämä haasteet huomioon ja suunnata käyttöliittymien teknologiakehitystä ihmiskeskeisempään suuntaan [5]. Alan kehitystä motivoi myös räjähtänyt kasvu UX-kehittäjissä, jotka haluavat varmistaa älykkään ja empaattisen käyttökokemuksen tuotteiden käyttäjille [6]. Luopavana vaihtoehtoa tälle on ihmiskeskeisten tekoälyteknologioiden integroiminen käyttöliittymiin [6] [7] [8].

Tekoäly kykenee jäljittelemään ihmisen älyn kaltaisia ominaisuuksia ja toimimaan dynaamisemmin verrattuna perinteisen tietokoneen algoritmeihin. Tämä voi tehdä tietokoneen käyttäytymisestä hyvin erilaista, mutta ei yhtä toistettavaa kuin käytettäessä perinteisempiä algoritmeja [9]. Viime vuosina tapahtunut tekoälyn kehitys multimodaalisempaan suuntaan mahdollistaa sen hyödyntämisen huomattavasti luonnollisemmalla ja monipuolisemmalla tavalla, joka lisää tekoälyn ihmiskeskeyttä. Lisäksi suuriin kielimalleihin perustuvat tekoälyrajapinnat ovat todistaneet, että tekoäly kykenee olemaan luonnollisessa vuorovaikutuksessa ihmisen kanssa. [9] Näihin ja moneen muuhun tekoälymenetelmään palataan myöhemmin tutkielmassa.

Tämä tutkielma tuo esille tekoälyyn perustuvia tekniikoita, joilla ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutusta käyttöliittymissä voidaan parantaa ja tunnistamaan niihin liittyviä viitekehyksiä, menetelmiä ja haasteita. Tutkielman tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitä haasteita ja rajoitteita ihmisen ja tietokoneen välisessä vuorovaikutuksessa on, joita tekoälyllä on potentiaalia ratkaista?

2. Mitkä ovat tekoälyn mahdolliset sovelluskohteet ja menetelmät käyttökokemussuunnittelun alalla?
3. Mitä haasteita tekoälyn integraatio käyttöliittymiin tuo käyttökokemussuunnitteluun?

Tutkielman kirjallisuuskatsauksen materiaalia haettiin englanniksi pääasiassa hakuohjelmilla Google Scholar ja IEEE Explore. Tämän lisäksi jatkotutkimusta toteutettiin myös Googlen kautta. Alkuperäisinä hakutermeinä olivat mukaan lukien vaihtelevat yhdistelmät avainsanoista, *AI*, *UX*, *human centered AI*, *HCI*, *intelligent UX*, *UI challenges* ja *multimodal AI*. Tämän lisäksi tutkimuksessa käytettiin myös lumipallotekniikkaa taaksepäin varmistaen mahdollisimman kattavan hakumenetelmän alan aiheelle. Aiheen ollessa hyvin kehittyvässä vaiheessa valitut lähdemateriaalit ovat pääasiassa hyvin uusia. Tästä syystä esijulkaisualusta Arxiv toimii katsauksen yhtenä oleellisimmista julkaisualustoista, tarjoten relevanttia ja ajankoh- taista aineistoa. Tämän lisäksi tutkimukseen on sisällytetty myös joitain vanhempia lähteitä ja vertailevaa alan historian tutkimusta.

Aluksi työssä esitellään perinteisiä käyttöliittymäsuunnittelun tekniikoita, johon käyttökokemussuunnittelu on pääasiassa perustunut ja tuodaan esille niissä ilme- neviä haasteita koskien nykyajan ja tulevaisuuden vuorovaikutustilanteita ja niiden asettamia vaatimuksia. Sen jälkeen niille etsitään ratkaisuja viitekehyksien muodos- sa tuoden älykkäiden käyttöliittymien kehittämiseksi korkean tason yleisiä menette- lyjä. Viimeisessä osassa esitetään käytännönläheisiä tekoälyn sovelluskohteita niin käyttöliittymissä kuin niiden kehittämisessä.

## 2 Perinteiset käyttöliittymät ja niiden rajoitteet

Käyttökokemussuunnittelun kehittyminen läpi vuosien on ollut pitkä prosessi ja monet sen ominaisuudet ovatkin pysyneet lähes muuttumattomina alan muotoutumisesta asti. UX-suunnittelun kehittymistä voidaan seurata sen ympärille muotoutuneiden viitekehysten kautta, jotka ympäröivät eri vuosikymmenyksiä.

Xu [7] määrittelee kolme UX-suunnittelun aikakautta, joista kahta ensimmäistä käsitellään lyhyesti tässä. Tietokoneiden kasvuaskelista kuluttajamarkkinoille aina likimäärin 90-luvulle tai viimeistään vuoteen 2007 asti UX-kehityksen keskiössä oli pääasiassa tuotteen eli ohjelmiston käyttöliittymän primitiivinen toimivuus. Viitekehysten yksinkertaisuus perustui tietokoneen asemaan kyseisenä aikana. Tietokoneohjelmat olivat tyhmiä, mutta tehokkuutta parantavia monimutkaisia työkaluja, joiden kanssa ei tarvinnut olla vuorovaikutuksessa toimistotyön ulkopuolella. Internetiin yhdistettyjen mobiililaitteiden yleistyttyä kehittäjät alkoivat kiinnittämään enemmän huomiota UX-suunnitteluun, jolloin alalle alkoi muodostumaan kehittyneempiä viitekehysiä. Tämä kehitysvaihe keskittyy myös ohjelmiston käyttömukavuuteen ja sen ekosysteemin muodostamiseen ja suurin osa nykyään näkemistämme käyttöliittymistä perustuu tähän viitekehykseen.

## 2.1 Rajoitteet oheislaitteiden tietovirroissa

Äsken esiteltyjen UX-suunnittelun kahden ensimmäisen viitekehysten käyttöliittymäsuunnittelun yleisiä ominaisuuksia ovat muun muassa ikkunat, ikonit, valikot ja osoittimet. Nämä ominaisuudet yhdessä muodostavat WIMP-paradigman (Windows, icons, menus, pointers) [10]. Paradigma sopii hyvin juuri näiden viitekehysten ajalle, jossa käyttöliittymiä ohjaillaan pääasiassa hiirellä ja näppäimistöllä [11]. Tällaiset oheislaitteet ovat ihmiselle yksinkertaisia ohjata, ja niistä välittyvä intentio peilautuu selkeästi kuvaruudulle reaaliajassa, jolloin käyttäjä ymmärtää millaisessa vuorovaikutuksessa hän on tietokoneen kanssa. Laitteiden komennot ovat tietokoneelle helppolukuisia, joka mahdollistaa niiden käytön juuri reaaliajassa. Lisäksi tämä tekee käyttöliittymien toteuttamisesta yksinkertaista. Onkin siis ymmärrettävää, että nämä oheislaitteet eivät ole muuttuneet huomattavasti tietokoneiden kehityksestä huolimatta.

Vaikka tällaisesta vuorovaikutuksesta on tullut jo normi, olisi kuitenkin hyvä kyseenalaistaa mahdollistaako nykYTEKNOLOGIA tehokkaampia vuorovaikutustapoja tietokoneen kanssa. Sellaisia, jotka soveltuisivat paremmin kehittyneempien ohjelmistojen ja alustojen hallintaan. Samalla olisi kyseenalaistettava myös, rajoittuuko uusien ohjelmistojen ja alustojen ominaisuudet ja kyvyt juuri näiden oheislaitteiden tietovirtojen prosessointiin.

Yhtenä HCI:n muuttumattomuuden syynä on pitkään ollut rajoitteet datan käsittelyssä ja niihin liittyvissä algoritmeissa. Muuttumattomina pysyneet oheislaitteet suunniteltiin toimimaan tietokoneilla, joiden suoritusteho ei ollut lähelläkään nykyisten laitteiden kykyjä. Kasvanut suoritusteho mahdollistaa kuitenkin huomattavasti suurempien datamäärien käytön reaaliajassa avaten uusia mahdollisuuksia siinä miten olemme vuorovaikutuksessa tietokoneen kanssa [11]. Tämä ei kuitenkaan rajoitu ainoastaan oheislaitteiden päivittämiseen vaan myös siihen, miten tietokoneet pys-

tyvät käsittelemään ihmisen tuottamaa syöttödataa. Tähän tutkielmassa palataan kuitenkin luvussa 3.

## 2.2 Laajentunut käyttäjäkunta

Tietokoneet toimivat pitkään vain teknisinä työkaluina ainoastaan ammatillisissa ympäristöissä missä vuorovaikutus niiden kanssa vaati yleensä erityisosaamista ja koulutusta. Tällaiset taidot tulivat osaksi ammattiosaamista, jonka koulutus oli melko suoraviivaista, kunhan tietokoneen manipulointi liittyi juuri työntekijän tehtävään. Koulutus tietokoneen käyttöön juuri kyseisessä tehtävässä tarkoitti myös sitä, että intuitiivisuus ja käytettävyys jäivät helposti taka-alalle käyttöliittymän suunnittelussa, koska osaamatonta tai muuten kykenemätöntä käyttäjää ei tarvinnut ottaa huomioon. Tämä liittyy luvun 2 alussa mainittuun UX-suunnittelun ensimmäisen viitekehyksen aikakauteen.

Tietokoneiden räjähdysmäinen kasvu kuluttajamarkkinoille on johtanut kuitenkin tilanteeseen, jossa emme voi enää kouluttaa kattavasti jokaisen käyttöliittymän toimintoja sen laajentuneelle käyttäjäkunnalle. Ohjelmistojen käyttäjäkuntien laajentuessa kehittäjien tulisi kiinnittää huomiota myös saatavuuteen ja käyttöliittymän esteettömyyteen (engl. *Accessibility*). Palvelun tulisi olisi tasapuolisesti kaikkien ihmisryhmien käytettävissä ja eettisesti reilu. Kirjassa ”User Interfaces for All - Concepts, Methods, and Tools” [12] ensimmäisessä kappaleessa mainitaankin, ”*computers are no longer conceived as mere business tools, but as integrated environments, accessible by anyone, anytime and anywhere*”. Kirja etenee tästä painottamaan laadukkaiden käyttöliittymien tärkeyttä, joissa korostuu esteettömyys ja käytettävyys monenlaisille käyttäjille ja käyttötarkoituksille.

# 3 Kolmannen aikakauden käyttökokemussuunnittelu

Edellisessä luvussa kyseenalaistettiin perinteisten käyttöliittymien rajoitteita ja esitettiin niiden ympärillä pyörivää viitekehystä. Selvisi, että teknologinen kehitys asettaa kasvavassa määrin paineita kuitenkin uuden viitekehysten seuraamiselle, joka ottaisi käyttöliittymien ihmiskeskeisyyden kattavasti huomioon jo oletuksena. Tässä luvussa esitetään konsepteja ihmiskeskeisestä ja älykkäästä käyttökokemussuunnittelusta, jolle myöhemmässä luvussa etsimme käytännönläheisiä työkaluja tekoälyn suunnalta.

## 3.1 UX 3.0 -viitekehys

Tässä alaluvussa tarkastellaan Wei Xu:n [7] esittelemää UX 3.0 paradigmaa. Hänen määrittelemää käyttökokemussuunnittelun kahta ensimmäistä aikakautta ollaan jo lyhyesti tarkasteltu luvussa 2. Kolmannessa viitekehyksessä korostuu älykkyys, ja käyttäjien kasvaneet vaatimukset moderneille käyttöliittymille. Taulukkoon 3.1 on jaoteltu kyseiset viitekehykset, joista keskitytään nyt viimeiseen. Eroavaisuutena edellisiin viitekehysiin on myös teknologian keskeisyyden korostuminen, jonka johdosta UX 3.0 onkin tullut vasta lähiaikoina käytännönläheisemmäksi. Sen taustalla ovat pääasiassa massadata, tekoälyn kehittyminen ja virtuaaliset ympäristöt,

Taulukko 3.1: Käyttökokemussuunnittelun kolme aikakausiin sidonnaista viitekehystä. [7]

UX-piirteet	UX 1.0 - Etsintätaso (n. 1985 – n. 2007)	UX 2.0 - Kasvunaika (n. 2007 – n. 2015)	UX 3.0 - Kypsymisen taso (n. 2016 – )
<b>Tekninen alusta</b>	PC ja Internetin aikakausi	Mobiilineti	Älykäs aikakausi (big data, AI, metaverse, ...)
<b>Käyttäjätarpeet</b>	Toiminnallisuus, käytettävyys, jne.	+ Täysi UX (juuri alkanut)	Täysi UX + älykäs, luonnollinen, personoitu ja tunteellinen HCI, ihmisen ja tekoälyn yhteistyö, etiikka, moraalit, yksityisyys, päätöksenvälta, taitojen kasvatus, jne.
<b>Suunnittelufilosofia</b>	Käyttäjäkeskeinen	Käyttäjäkeskeinen	Käyttäjäkeskeinen (mukaan lukien ihmiskeskeinen tekoäly)
<b>UX ekosysteemi</b>	Ei olemassa	Alkaa muodostumaan	Alkujaan muodostunut
<b>Painopiste</b>	Yksittäisten käyttöliittymien käytettävyys (valikoidut ratkaisut)	UX ei rajoitu enää käytettävyyteen, vaan sisältää myös liiketoiminnan prosesseja ja muita käyttäjän vuorovaikutuksen kosketuspisteitä	Päästä-päähän UX: Ekosysteemipohjainen kokemus, innovaatiolähtöinen kokemus, tekoälykeskeinen kokemus, HCI tekoäly keskeinen kokemus
<b>Laajuus</b>	Tuotekehitysvaihe	Tuotteen elinkaari (esikehitys, kehitys, kehityksen jälkeinen)	Tuotteen elinkaari + makrotason älykäs sosio-tekniinen järjestelmäympäristö
<b>Metodologia</b>	Käytettävyystekniikka: käyttäjätutkimus, UI prototyypitys, käytettävyyden testaus, jne.	UX-pohjainen lähestymistapa: Käytettävyydestä ja käyttöliittymistä pidemmälle	Päästä-päähän UX

jotka ovat yleistyneet 2010 ja 2020 -lukujen aikana. Paradigmaa ajaa eteenpäin myös käyttäjien muuttuneet tarpeet, joita avattiin myös luvussa 2.

UX 3.0:n tavoitteena on toimia älykkäiden käyttöliittymien suunnittelua ohjavana viitekehysenä. Siinä määritellään käyttökokemussuunnittelun ylettyvän hollistisen ekosysteemin kehittämiseen, jossa ovat mukana mukaan lukien interaktiivisuus, personointi, tunteellisuus, ekosysteemipalvelut, etiikka, yksityisyys, kehittyvät järjestelmät, innovaatio ja tekoäly. Toisaalta tekoäly voi liittyä ainakin suurimpaan osaan näistä aihealueista, ainakin jossain muodossa [8].

Xu [7] painottaa tekoälyn lisäksi juuri äsken mainittujen ekosysteemin muiden aihealueiden tärkeyttä yhdessä tekoälyn kanssa ja kertoo kuinka monesti tekoälykehitys keskittyy liiallisesti teknologiaan. Tämän johdosta tässä paradigmassa annetaan huomattavaa painoarvoa myös ihmiskeskeisten tekoälyrajapintojen (engl. *human centered AI*, HCAI) suunnittelulle. Tähän liittyen Xu [7] avaa HCAI:n merkitystä: ”*As one of the primary design goals, HCAI aims to optimize intelligent systems’ interaction and experience design.*”.

Aikaisempiin viitekehyksiin verrattaessa UX 3.0 kattaa huomattavasti laajemman tutkimusalueen mahdollistaen ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen kehittämisen aikaisempaa kokonaisvaltaisemmin. Keskiössä on kuitenkin ihmiskeskeinen kehittäminen, joka on oleellista ottaa huomioon koko kehitysprojektin elinkaaren ajan.

Elinkaariajattelun lisäksi UX 3.0 määrittelee käyttökokemuksen ekosysteemin kokonaisvaltaisuuden ylettyvän myös käytettäviin teknologioihin. Eli käyttökokemuksen pitäisi olla huomioitu esimerkiksi eri laitteiden, ympäristöjen ja käyttöjärjestelmien välillä. Saumattoman käytettävyyden tulisi ylettyä myös mukaan lukien älykkäisiin julkisiin käyttöliittymiin kuten julkiseen liikenteeseen ja muihin kaupungin älypalveluihin.

Kolmantena aihealueena UX-ekosysteemin pitäisi ylettyä näkyvän käyttöliittymän rajapinnan (engl. *front-end*) lisäksi myös palvelun järjestelmäarkkitehtuurin muihin osiin [7]. Mukaan lukien palvelinpuolen datanhallintaan (engl. *back-end*), mikropalveluihin tai kolmannen osapuolen rajapintoihin [13]. Viimeisenä UX-ekosysteemin aihealueena on makrotason sosiaaliset kulttuurit ja organisaatiotason ympäristöt kuten älykkäät kaupungit, tehtaot tai yritykset.

Lisäksi UX 3.0 korostaa innovaation tärkeyttä ei pelkästään järjestelmän ydinteknologioille, mutta myös itse käytettävyyden ja kokemuksen edistämiseksi. Tähän liittyen Xu mainitsee muun muassa, ”*Samanaikaisesti ’kokemuksen’ arvo on noussut*

*yhä merkittävämmäksi ja se on vähitellen kehittynyt keskeiseksi elementiksi erottuvien ja arvokkaiden kilpailualueiden rakentamisessa.”* (kirjoittajan kääntämä englannin kielestä) [7]. Tässä yhtenä teknologisenä innovaationa ehdotetaan hyödyntämään muun muassa tekoälyä ja massadataa, jota käsitellään tarkemmin luvussa 4.

Viitekehys ehdottaa hyödyntämään myös mahdollisimman multimodaalista lähestymistä käyttökokemussuunnitteluun, mutta kuitenkin varmistaen maksimaalista yhteensopivuutta laitevaatimuksilta. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa puheentunnistuksen, eleiden syötön ja liikesensorien hyödyntämistä. Lisäksi UX 3.0 kehottaa hyödyntämään uusia menetelmiä itse käyttöliittymäsuunnittelussa kuten käyttökokemuksen ja käyttäjien tutkimuksessa ja optimoinnissa. Näistä aiheista lisää luvussa 4.

## 3.2 Älykkäät ja adaptiiviset käyttöliittymät

Älykkäät käyttöliittymät (engl. *intelligent user interfaces*, IUIs) ovat yksi oleellisimmista tavoista toteuttaa UX 3.0:n asettamaa viitekehystä. Kyseessä ei ole vielä täysin käytännönläheinen tai valmis ratkaisu, vaan UX 3.0:a täyttävä viitekehys. Tässä osiossa niitä lähestytään pääasiassa Alvarez-Cortésin [10] tutkimukseen perustuen pitäen myös edellisen aliluvun aiheet mielessä.

IUI:n tavoitteena on lisätä ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tehokkuutta ja vaikuttavuutta. Siinä korostuu mahdollisimman ihmiskeskeinen ja luonnollinen suunnittelun lähestymistapa, hyödyntäen älykkäitä teknologioita kuten tekoälyyn perustuvia tekniikoita [10]. Tämän saavuttamiseksi käyttöliittymän on toimittava käyttäjälleen älykkäällä mutta myös adaptiivisella tavalla. Emme voi pelkästään lisätä tekoälyä käyttöliittymään ja olettaa sen toimivan sellaisella älykkäällä tavalla, joka tehostaisi käyttäjän vuorovaikutusta tietokoneen kanssa luonnollisella tavalla. Aikaisempaan tutkimukseen perustuen tekoälyteknologiaa tulisi integroida varovasti varmistaen ihmiskeskeisyyden ja täten vuorovaikutuksen luon-

nollisuuden. Tämän saavuttamiseksi tekoälyintegraatio ei saisi jäädä liian laatikko-  
maiseksi vaan sen tulisi toimia mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ympäri järjes-  
telmää sekä sen eri komponenteissa, mutta myös sen taustalla sitä ajavien mallien  
paradigmoissa. [5] [10]

Itse tekoälyyn perustuvia teknologioita ei kuitenkaan ole oleellista lisätä näin  
laaja-alaisesti. Tärkeintä olisi toimiva yhteistyö sekä järjestelmän sisällä, että sen ja  
sen käyttäjän välillä varmistuen, että tekoäly teknologiana ei ole liian irtaantunut-  
ta muista vuorovaikutuksen komponenteista. On kuitenkin huomion arvoista, että  
monesti IUI:n mahdollistavat komponentit kuten, tekoälyn hyödyntäminen käyt-  
töliittymässä ovatkin läheisesti liitännäisiä itse järjestelmän ydinkomponentteihin  
ja tarkoituksiin. Toisin sanoen olisi suositeltavaa varmistaa järjestelmän älykkyys  
luonnollisena jatkumona sen käyttöliittymästä myös järjestelmän syvempiin algorit-  
meihin ja tietorakenteisiin asti, ja toisinpäin.

Tämän johdosta tekoälyllisen IUI:n rajoitteeksi voi helposti jäädä liian kompo-  
nenttikeskeinen ajattelumalli kehittämissä aikana ja mahdollisesti tekoälyn  
tietämättömyys järjestelmän ydinkomponenteista. Lopputuloksena käyttöliittymän  
älykkyys voi jäädä hyvin pinnalliseksi ja käyttäjälleen melko hyödyttömäksi käy-  
tännössä. Tästä syystä kehittämissä aikana tulisikin ottaa vahvasti huomioon  
mahdollisimman kokonaisvaltainen ja ihmiskeskeinen ajattelumalli aikaisempien pa-  
radigmojen ja viitekehysten mukaisesti. Toisaalta tekoälyn integroiminen syvälli-  
sellä tasolla järjestelmään tuo luonnollisesti huolia järjestelmän eheydestä sekä tur-  
vallisuuden, että eettisyyden näkökulmasta.

## 4 Tekoälylliset käyttöliittymät

Tekoälystä nähdään käytävän keskustelua yhä useammin, mikä heijastuu selkeästi jo nykyisten talouden trendien ja sijoitus uutisten sisältöön [14]. Näitä uutisia seuraamalla voi huomata, että tekoälylle löytyy jatkuvasti uusia käyttökohteita, myös kaupallisessa maailmassa. Vaikka tekoäly vaikuttaa olevan vain lähivuosien trendi, on kyseessä kuitenkin melko pitkään tutkittu teknologia, jolle on jo pitkään nähty mahdollisuuksia jopa käyttöliittymien käytettävyyden parantamisessa [15].

Kyseinen konferenssijulkaisu [15] vuodelta 1997 paljastaa jo vuosikymmeniä kestäneen tarpeen kehittyneemmille algoritmeille älykkäiden käyttöliittymien kehittämisessä, joka käytännössä tarkoittaisi tekoälyn hyödyntämistä. Siinä tunnistetaan myös tietokoneen ja sen käyttäjän välinen ymmärryksen puute, jossa tietokone ei aina täysin ymmärrä käyttäjän intentiota vaikeammassa tilanteissa. Tähän tarvitaan älykkään päättelykyvyn kehittämistä, joka vaatii luonnollisemman dialogin muodostamista käyttäjän ja tietokoneen välille. Vanhasta julkaisuvuodestaan huolimatta kyseinen julkaisu tunnistaakin todennäköisimmän ratkaisun löytyvän suurista kielimalleista, joita tarkastellaan luvussa 4.4. Näiden kielimallien käyttökohteet ovat alkaneet yleistymään lähivuosina tietokoneiden suoritustehon kasvaessa tekoälyn kehittämiseksi sopivammaksi.

## 4.1 Tekoälyn nykytilanne käyttöliittymissä

Syväoppivat tekoälyteknologiat ovat kehittyneet aikaisemmista kömpelöistä ja epäintuitiivisista sovelluksista käytännönläheisemmälle tasolle, mikä on vihdoin johtanut niiden laajamittaiseen käyttöönnottoon. Näkyvimpiä esimerkkejä tästä voidaan nähdä jo fyysisessäkin maailmassa, kuten itseajavissa autoissa ja avustavissa robo-teissa. [11] Olennaisena muutoksena ja mahdollistajana tälle on datasettien koon kasvu ja viimeisimmät innovaatiot näytönohjainten teknologioissa [16].

Tämä on johtanut niin sanottuun tekoälyn kesään, jolloin sijoittajat ja organisaatiot näkevät teknologian mahdollisuudet lupaavana ratkaisuna moneen haasteeseen [1]. Olemme olleet kuitenkin tekoälyn kesässä jo aikaisemminkin, kuten 70- ja 80-luvun alussa, jolloin konsepteja syväoppivista järjestelmistä alkoi leviämään suuriin yrityksiin [17]. Silloin paisunut mediahuomio ehti kuitenkin sammumaan juuri niihin rajoituksiin, jotka ovat nyt alkaneet häviämään mahdollistaen uuden ja huomattavasti lupaavamman tekoälyn kesän aikakautta [17]. Riippumatta siitä, kuinka pitkään tämä kehitys jatkuu, on tekoäly tullut jäädäkseen ennenäkemättömällä tasolla.

Jo pitkään yhtenä suurena rajoitteena tekoälyn hyödyntämisessä ihmisen ja tietokoneen välisessä vuorovaikutuksessa on kuitenkin ollut tekoälyn irtaantuneisuus muista tieteenhaaroista. Myös HCI-tutkimus on pitkään vältellyt tekoälyn tieteenhaaraa, koska tekoälytutkimuksella on ollut rajoitteita kattavan empiirisen datan tuottamisessa. Tekoälyn suosion kasvaessa tämä rajoite on kuitenkin haihtumassa, jolloin tekoäly tieteenhaarana on saanut enemmän mahdollisuuksia osallistua HCI-tutkimukseen. Täten ala on alkanut suuntaamaan tutkimusta teknologiakeskeisyydestä kokonaisvaltaisempaan suuntaan esimerkiksi painottamalla tekoälyn ihmiskeskeisyyttä [9]. [1]

Seuraavaksi tutustutaan oleellisimpiin tekoälyyn perustuviin työkaluihin ja menetelmiin liittyen HCI:n parantamiseen ja analysoidaan niitä perustuen aikaisem-

piin lukuihin. Sen aikana on hyvä pitää mielessä menetelmän tehokkuuteen liittyviä ominaisuuksia, saavutettavuutta, kokonaisvaltaisuutta ja ihmiskeskeisyyttä.

## 4.2 Luonnollisen kielen käsittelyteknologiat

Yksi näkyvimmistä tekoälyn tuomista ominaisuuksista HCI:n alalla ovat olleet persoonalliset digitaaliset avustajat ja agentit, kuten Google Assistant ja Siri [18]. Kyseiset agentit integroituvat kattavasti eri laitteisiin luoden monipuolisen ja halutessaan lähes saumattoman ekosysteemin HCI:n käyttökokemukselle. Nämä agentit itsessään ovat kuitenkin liian laaja käsite HCI:n tekoälyominaisuudeksi, sillä ne monesti sisältävät monia älykkäitä menetelmiä. Persoonalliset digitaaliset assistentit askeltavat käyttökokemusta multimodaalisempaan suuntaan hyödyntäen esimerkiksi tavanomaisten WIMP-menetelmien lisäksi valomerkkejä, kaksisuuntaista ääneen perustuvaa kommunikointia ja mahdollisesti myös eleisiin perustuvaa hallintaa [18].

Luonnollisen kielen käsittely (engl. *Natural language processing*, NLP) on yksi oleellisimmista ihmiskeskeisen HCI:n mahdollistajista ja se on oleellinen osa multimodaalisia avustavia teknologioita. Se sisältää laajan kirjon pääasiassa tekoälyyn perustuvia teknologioita, jotka mahdollistavat, sen, että tietokone ymmärtää ja tuottaa luonnollista kieltä [9] [19]. HCI:n näkökulmasta se mahdollistaa luonnollisen keskustelun ylläpitämistä joko ääneen tai tekstin avulla. NLP:n menetelmiin kuuluu esimerkiksi luonnollisen kielen tuottaminen, kielen kääntäminen, syntaksianalyysi, tunneanalyysi (engl. *Sentiment analysis*), semantiikan analyysi, nimen tunnistus (engl. *Named-Entity Recognition*, NER), aiheiden tunnistus ja segmentointi, viittausten resoluutio (engl. *Co-reference resolution*) ja automaattinen puheentunnistus (engl. *Automatic Speech Recognition*, ASR) [19] [20].

Monesti näitä NLP-menetelmiä nähdään hyödynnettävän ääneen puhutussa kommunikaatiossa ihmisen ja tietokoneen välillä. Ääneen perustuva kommunikointi on yksi tekoälyn mahdollistama menetelmä, joka pyrkii lisäämään ihmisen ja tie-

tokoneen välisen vuorovaikutuksen ihmiskeskeisyyttä. Äänikomennot lisäävät myös näiden käyttöliittymien saavutettavuutta esimerkiksi henkilöillä, joilla on motoriseen hallintaan liittyviä rajoitteita [18]. Yleisesti on kuitenkin huomattu, kuinka nämä menetelmät ovat olleet käytännöllisyydeltään melko rajoittuneita jo pitkään. Varsinkin ääneen kommunikointi laitteen kanssa suomen kielellä on pitkään tuntunut vain teknologiselta kikalta, joka ei ole huomattavasti parantanut vuorovaikutusta laitteen kanssa. Tämä voi johtua siitä, että aikaisemmin mainittuja NLP-menetelmiä ei ole käytetty riittävän kattavasti tai niiden toteutus ei ole tarpeeksi kehittynyt. Lopputuloksena voi olla sovellus, joka ei ymmärrä käyttäjän intentiota tai ei osaa vastata siihen luonnollisella tavalla.

Äänikomentoihin perustuva järjestelmä, joka perustuu pelkästään yksinkertaiseen puheentunnistukseen ja syntaksianalyysiin toimii ainoastaan, jos äänikomento annetaan tarpeeksi sanatarkasti ja selkeästi [19] [21]. Tämä tosin riippuu syntaksianalyysin ja kyseisen NLP-komponentin jälkeisen tulkinta-algoritmin toteutuksesta, joka voi yksinkertaisimmillaan olla kovakoodattu sanan tai lauseen sovitus. Kehitysehdotuksena kyseistä järjestelmää voidaan tutkia luvun 3 nojalla (viitekehykset), jonka kautta järjestelmästä voidaan löytää aukkoja esimerkiksi ihmiskeskeisyydessä ja adaptiivisuudessa. Tekstin aikaisemman tutkimuksen perusteella näitä rajoitteita pystytään paikkaamaan kehittämällä kyseistä NLP:n toteutusta monimenetelmällisempään suuntaan. Olisi hyödynnettävä laajempaa NLP:n aliteknologioiden kirjoa, tuotava kontekstietoisuutta multimodaalisin menetelmin ja lisätä järjestelmän sisäistä kommunikaatiota niin sen ydinarkkitehtuurissa kuin kolmannen osapuolen rajapinnoissa. [21] [22]

Käytännössä tällainen kehittäminen tarkoittaa modernien syväoppivien tekoälymallien hyödyntämistä, jotka kykenevät käsittelemään dataa monesta modaliteetista samanaikaisesti, ja mallin integroimista siten, että sillä on mahdollisuus ymmärtää keskustelua mahdollisimman kontekstietoisesti [22]. Lupaavimpia vaihtoehtoja

ovat esiopetetut ja syväoppivat transformer-arkkitehtuuriin perustuvat suuret kielimallit, kuten GPT (engl. *Generative Pre-trained Transformer*). Näistä kirjoitushetkellä uusin eli GPT-4o on varta vasten suunniteltu multimodaalisuus mielessä [23]. Toisaalta OpenAI:n uusin malli käytännössä on GPT-o1, mutta se on suunniteltu syvällisempään pohdintaan eikä niinkään reaaliaikaisen NLP:n ratkaisemiseen [24]. Mallien toteutuksiin ei tutustuta syvällisemmin, mutta huomioidaan kuitenkin joi-tain niiden ominaisuuksia tämän tutkielman aiheiden, kuten NLP:n näkökulmasta.

Lopputuloksen tulisi olla UX 3.0:n mukainen kokonaisvaltainen NLP-komponentti, joka integroituu saumattomasti sekä järjestelmän käyttöliittymään et-tä sen syvempään arkkitehtuuriin ja tarjoaa luonnollisen vuorovaikutusmahdollisuu-den sen käyttäjän kanssa. Tässä tapauksessa on kyse ääneen kommunikoinnista, mutta kuitenkin ottaen huomioon mahdolliset muut multimodaaliset komponentit.

### 4.3 Suuret kielimallit

Suuret kielimallit (engl. *Large language models*, LLMs), kuten GPT, ovat poten-tiaalisia hyvin laaja-alaisesti ja soveltuvat niin NLP-malleiksi kuin moneen muu-hunkin [19]. Ne mallintavat keinotekoisen neuroverkon avulla suurta määrää dataa yleensä luonnollisen kielen muodossa ja luovat yhteyksiä ja merkityksiä sanojen ja käsityksien välillä. Tämän malliavaruuden avulla ne pystyvät generoimaan luonnol-lista kieltä sisäisen todennäköisyysfunktion jakauman asettamien parametrien mu-kaisesti. Kyseessä on siis enimmäkseen itseoppiva tilastollisiin todennäköisyyksiin perustuva ennustusfunktio, jota kutsutaan kokonaisuudessaan tietynlaiseksi tekoä-lyksi.

Analysoimalla suuria kielimalleja tämän tutkielman aikaisempien lukujen mu-kaisesti huomataan, miksi ne soveltuvat juuri UX:n parantamiseen ja perinteisem-pien NLP-menetelmien paikalle. Ne skaalautuvat ja integroituvat moneen käyttö-tarkoitukseen soveltuen UX 3.0:n asettamien vaatimusten mukaisesti. Esimerkiksi

ChatGPT:n käyttäminen toimii saumattomasti eri laitteilla riippumatta ympäristöstä. Se kykenee myös muistamaan aikaisempien keskusteluiden aiheita, jotta keskustelu voi jatkua luonnollisesti, vaikka palveluun kirjaututtaisiin aivan toisesta järjestelmästä. Kielimallit pystyvät myös mukautumaan esiopetuksen jälkeen soveltuen osaksi adaptiivisen käyttöliittymän toteuttamista, joka asetettiin aikaisemmin yhdeksi älykkään käyttöliittymämallin viitekehyksen vaatimukseksi. ChatGPT:tä pystytään komentamaan vastaamaan juuri halutulla tekstityylillä tai vaihtamaan kieltä kesken keskustelun ongelmitta. Tämän lisäksi kielimallille on mahdollista opettaa monen toimialueen tietoutta toteuttaen kokonaisvaltaisuuden periaatetta. [19]

Uusilla kielimalleilla, kuten GPT-4o:lla, on potentiaalia toimia huomattavasti kokonaisvaltaisempaan ja älykkäämpään NLP-komponenttina, sillä vastaanotettua dataa ei käsitellä monen mallin kautta, jolloin olisi vaarana informaation, kuten tonaalisuuden ja tunneinformaation, menetys. Esimerkiksi kyseistä mallia edeltävä versio eli GPT-4 käsittelee puheen aluksi yksinkertaisella NLP-mallilla, joka tulostaa käyttäjän puheen tekstinä ja välittää sen käsiteltäväksi varsinaiselle kielimallille, jossa tekstin merkitys prosessoidaan [23]. Kyseessä on aikaisemman esimerkin kaltainen yksinkertainen NLP-malli, josta puuttuu muun muassa tunneanalyysi.

GPT-4o taas ei laisinkaan käytä erillistä NLP-mallia, vaan puheen analyysi on sisäänrakennettu itse kielimalliin. Lopputuloksena aikaisemmin erillään olleet käsitteet NLP ja LLM ovat fuusioituneet yhdeksi älykkääksi järjestelmäksi, jolloin myös järjestelmän sisäinen kommunikaatio on toteutunut älykkäällä tasolla UX 3.0-viitekehyksen mukaisesti. GPT-4o myös integroi eri modaliteetit suoraan samaan malliin samalla periaatteella, joka mahdollistaa multimodaalisemman NLP:n ja sen avulla kontekstittöisemmän keskustelun. [23]

Kyseistä menetelmää kutsutaan aikaiseksi fuusioksi (engl. *Early fusion*), jossa kaikkien modaliteettien data käsitellään alusta asti samassa neuroverkossa yhteisesti [22]. Vastakohtana kutsuisimme GPT-4:n toimintamallia myöhäiseksi fuusioksi

(engl. *Late fusion*), jossa erilliset unimodaaliset mallit käsittelevät datan erikseen yhdistäen tulokset vasta lopuksi. Varhaisen fuusion jälkeen mallin huomiomekanismi (engl. *Attention mechanism*) paralleelista kontekstualisoi kaikki modaliteetit löytääseen monimutkaisempia yhteyksiä keskustelun ominaisuuksien välillä [25]. Tällaista huomiomekanismia kutsutaan transformeriksi (engl. *transformer*), jonka toimintaan ei kuitenkaan tutustuta sen tarkemmin tässä tutkielmassa [22]. [23]

### 4.3.1 Käyttökohteita

Totesimme aikaisemmin UX 3.0 mukaisen NLP:tä varten suunnitellun GPT:n kykenevän integroitumaan saumattomasti käyttöliittymään edistään laitteen ja sen käyttäjän välistä vuorovaikutusta. Seuraavaksi tarkastelemme lyhyesti käytännönläheisiä sovelluskohteita esitetyille toimintamallille

**Multimodaalinen transkriptio ja kielen kääntäminen:** Kielimallin aikainen fuusio mahdollistaa luonnollisen kielen kääntämisen ymmärtäen esimerkiksi kehon kielen, tonaalisuuden ja eri kulttuurien ainutlaatuisia vivahteita [19] [21] [22]. Vastakohtana unimodaalinen NLP ei itsessään ymmärrä prosessoidun tekstin merkitystä ja tulostaa tekstin vain kirjaimellisessa mielessä seuraavalle prosessointivaiheelle.

**Multimodaaliset avustavat järjestelmät:** Voimme hyödyntää samaa modali-teettien fuusiota avustamaan esimerkiksi näkövammaisia henkilöitä ymmärtämään katsomaansa näkymää. Multimodaalinen kielimalli kykenee analysoimaan käyttäjän näkemää käyttöliittymää ja kuvaamaan sen ominaisuuksia luonnollisen puheen muodossa. Vastaavaa menetelmää voidaan hyödyntää myös kuvien ja videoiden kuvaamiseen. [22]

**Kontekstitietoiset agentit:** Kielimallien integrointi aikaisempien viitekehyksien mukaisesti esimerkiksi käyttöliittymän keskustelubotiksi mahdollistaa kontekstitietoisien avunpyynnön verkkoasioinnin yhteydessä [22]. Agentin ollessa tietoinen käyttäjän tilasta se pystyy adaptoimaan vastaustaan tilanteen mukaisesti.

**Yhteenvetojen ja oleellisen tiedon vetäminen:** Vastaavat agentit pystyvät louhimaan verkkosivulta käyttäjälle oleellisen informaation ja navigoimaan käyttäjän puolesta halutulle sivuston alueelle [21]. Esimerkiksi Google etsii usein hakutoksien sivuilta hakulauseeseen vastaavan lauseen ja maalaa sen käyttäjälle.

**Tekstin vektorointi:** NLP-mallit soveltuvat myös keskusteluja suurempien tekstien analysointiin. Täten ne toimivat tehokkaina työkaluina esimerkiksi sivustojen hakutyökalujen optimointiin myös rivien välisen informaation löytämiseen käyttäjälle [21]. Esimerkiksi luvussa 4.2 mainitun tunneanalyysin toteuttaminen vaatii kontekstitietoista tekstin ymmärtämistä ja myös subjektiivisten käsitteiden hahmottamista. Varsinkin uudet syväoppivat menetelmät kuten generatiiviset suuret kielimallit pystyvät hahmottamaan monimutkaisia kielen ominaisuuksia eri konteksteissa suuristakin tietojoukoista. [25]

### 4.3.2 Haasteet

Liittyen tutkielman viimeiseen tutkimuskysymykseen, esitettyjen käyttökohteiden toteuttamiseen liittyy myös haasteita, jotka on huomioitava käyttöliittymän suunnitteluvaiheessa. Seuraavaksi luetellaan näistä oleellisimpia.

Eri tyyppisten datalähteiden linjaaminen samaan malliin eli **modaliteettien fuusio** koituu monesti haastavaksi. Mallin on löydettävä yhteisiä merkityksiä, jotka ulottuvat jokaiseen modaliteettiin ja niiden erilaisiin tietorakenteisiin. Mallin olisi myös kyettävä soveltamaan opittuja käsitteitä myös uusiin modaliteetteihin (engl. *Transfer learning*) [25]. [22]

Suuret kielimallit ovat nimensä mukaan hyvin suuria koulutusdataaltaan. Niiden prosessointi on raskasta ja resurssivaatimuksiltaan vaativia projekteja. Nämä ominaisuudet tekevät **kielimallien skaalaamisesta** vaikeaa. Datan tasainen löytäminen eri modaliteettien välillä voi myös olla haastavaa. [19] [22]

Datan tasainen löytäminen liittyen eri ihmisryhmien ja kulttuurien välillä voi olla haastavaa ja johtaa reiluuteen liittyviin eettisiin kysymyksiin mallin soveltamisen aikana. Tämän johdosta **biaksen hallinta** on oleellista kun tekoälymallia koulutetaan erilaisilla tietojoukoilla. Mallin tulisi myös käsitellä eettisesti kyseenalaista koulutusdataa kriittisesti. [19] [22]

Tekoälypalvelut toimivat pääasiassa pilven kautta hyödyntäen etänä kyseisen organisaation palvelimia ongelman laskemiseen ja vastaamiseen. Tämä on kuitenkin selkeä hidaste ja rajoittaa tekoälyteknologioiden käyttöönottoa ympäristöissä, joissa verkko ei ole tarpeeksi helposti tavoiteltavissa. Sen sijaan **paikallinen käyttönotto** pilvipalveluiden puolesta taas rajoittuu helposti laitteen kykyihin. Mallien suoritustehoa on optimoitava ja päätelaitteiden suorituskykyä parannettava varsinkin tekoälylaskentaan sopivammaksi, jotta laskennassa voitaisiin priorisoida päätelaitteen paikallisia prosessoreita. Tällaista menettelyä kutsutaan reunalaskennaksi (engl. *Edge computing*). Menettelyn etuna on palvelimien ruuhkautuvuuden vähentäminen ja vastauksen viiveen minimointi mahdollistaen esimerkiksi reaaliaikaisen kielen kääntämisen ja kuvan muokkaamisen. [19]

## 4.4 Tekoäly käyttöliittymän suunnittelun ajurina

NLP ja LLM saattavat olla ihmiskeskeisen UX-kehityksen kaksi tärkeintä tekoälyn ydinteknologiaa, jotka kattavat uusien menetelmien kautta suuren kirjon erilaisia käyttökohteita, joita avattiin jo osittain edellisessä luvussa. Seuraavaksi käsitellään vielä muutamaa tekoälymenetelmää, joilla on potentiaalia HCI:n parantamiseen. Nämäkin menetelmät tosin hyödyntävät aikaisemmin mainittuja menetelmiä vaihtelevin tavoin demonstroiden NLP- ja LLM-teknologioiden keskeisyyttä HCI:n tekoälytutkimuksessa. Aikaisemmin mainitut menetelmät ovat keskittyneet pääasiassa reaaliaikaisen vuorovaikutuksen tehostamiseen HCI:n piirissä. Tekoälyä voidaan kuitenkin hyödyntää UX:n parantamiseen myös suunnittelu- ja toteutusvaiheessa.

Raportti [26] esittää, että 1093:n vastanneen kesken arviolta jopa 77 % UX-alan ammattilaisista käyttää tekoälyä hyödykseen ainakin jossain tehtävässä, josta kaikkein suosituin työkalu on aikaisemmin esitelty ChatGPT. Tutkimuksen vastanneiden kesken suurin osa (51 %) toimii tutkimuksen tai suunnittelun parissa liittyen käyttökokemukseen. Loput vastanneista toimivat muissa alan tukitoiminnoissa. Tutkimuksen mukaan tekoälyn suurin hyöty alan ammattilaisten kesken on tehokkuuden parantaminen. Raportin mukaan monet heistä käyttävät tekoälyä varsinkin raporttien, sähköpostien ja koodin kirjoittamiseen. Yksi tutkijoista mainitsee tekoälyn luoman tekstin editoinnin helpommaksi kuin sen tuottamisen alusta asti itse, vaikka hänen täytyykin usein editoida suurin osa generoidusta tekstistä uudelleen. Generatiivisella tekoälyllä on siis selkeää potentiaalia avustamaan töiden aloittamiseen liittyvässä kynnyksessä, vaikka tuotettua sisältöä olisikin uusittava huomattavasti.

Seuraavaksi esitetään, joitain tekoälyn sovelluskohteita UX- ja UI-kehityksen puolella. Kyseiset menetelmät eivät hallitse käyttäjän ja käyttöliittymän välistä reaaliaikaista dialogia niin kuin aikaisemmin vaan erikoistuvat käyttökokemuksen parantamiseen tehostamalla itse UX-kehitystä. Ne avustavat modernien ja käytettävien käyttökokemusten suunnittelussa ja kehittämisessä myös UX 3.0:n asettaman viitekehyksen mukaisesti.

**Tehokas tiedon louhinta:** Tekoälymallit pystyvät louhimaan valtavan määrän dataa muilta verkkosivuilta inspiroiden kehittäjiä ajattelemaan rikkaammin ja kokonaisvaltaisemmin. Mallit voivat hyödyntää olemassa olevia verkkosivuja löytäen niistä uusia suunnittelumalleja (engl. *Design pattern*). Käytännönläheisesti tällainen työkalu voidaan toteuttaa mukaan lukien variaatioautoenkooderilla (engl. *Variational autoencoder*). Kyseessä on neuroverkkoihin perustuva generatiivinen koneoppiva tekoälymalli, joka voidaan kouluttaa suurella tietojoukolla sisältäen erilaisia verkkosivujen muotoiluja. Koulutuksen jälkeen malli kykenee antamaan ehdotuksia variaatioiden muodossa riippuen annetusta esimerkkimallista. [11]

**Vuorovaikutusmallinnus:** UX- ja UI-kehitys vaatii huomattavasti testaamista, jotta tuotteen laatu voidaan varmistaa varsinkin käytettävyyden kannalta. Yksi suosittu testaamismenetelmä tälle on heuristinen testaaminen. Menetelmä perustuu asiantuntijan evaluaatioon seuraten hänen ja yhteisten standardien asettamia nyrkkisääntöjä käytettävästä suunnittelumuotoilusta. Menetelmä ei yksinään korvaa muita testaamismenetelmiä, mutta on suosittu vaihe testaamisessa, koska se ei tarvitse käyttäjätestaamista. Syväoppivalla tekoälyllä on potentiaalia korvata asiantuntijan työtaakkaa mallintamalla vuorovaikutuksessa tapahtuvaa käyttäytymistä ja vertaamalla sen sopivuutta kehityksen alla olevan tuotteen ominaisuuksiin. Lisäksi tällaisella mallilla on potentiaalia laajentaa heurististen menetelmien kykyjä yksityiskohtaisemman ja monipuolisemman analyysin generointiin. [11] Tekoäly ei kuitenkaan korvaa asiantuntijan lopullista arvioita tuotteen laadusta, mutta voi toimia tehokkaana työkaluna lisäten asiantuntijan tietoisuutta kokonaisvaltaisempaan suuntaan ja samalla helpottaen hänen työtaakkaansa.

**Käyttäjäpersoonien luonti:** Käyttäjäpersoonien (engl. *Persona*, *User persona*, *Design persona*) luonti on oleellinen osa suunnittelua, kun kehitetään tuotetta, jossa on käyttöliittymä. Persoonat ovat fiktiivisiä hahmoja, jotka edustavat tuotteen kohdekäyttäjiä uniikeissa klustereissa. Persoonien avulla kehittäjä hahmottaa minkälaisille käyttäjille tuotetta suunnitellaan. Yleisesti persoonat luodaan manuaalisesti, mutta prosessia voidaan myös automatisoida datavetoisesti tekoälyn avulla.

Erilaisilla algoritmeilla luotuja datavetoisia persoonia kutsutaan kvantitatiiviseksi käyttäjäpersooniksi (engl. *Quantitative user persona*, QUP). LLM- ja NLP-menetelmiin perustuvat tekoälyteknologiat soveltuvat hyvin kvantitatiivisten käyttäjäpersoonien luontiin, mutta myös niiden hyödyntämiseen. Suuri kielimalli yhdessä NLP-ominaisuuksien kanssa pystyy edustamaan käyttäjäpersoonaa, jonka kanssa on mahdollista olla vuorovaikutuksessa. Hyvä osoitus tästä näkyy ChatGPT:n ominaisuuksissa, jonka avulla käyttäjä pystyy antamaan luonnollisen kielen muodossa

mukautettuja ohjeita mallin käyttäytymiselle. Tämän jälkeen ChatGPT hyödyntää annettuja ohjeita johdonmukaisesti myös istuntojen ja eri dialogien välillä. Tällaisella menetelmällä perinteiset persoonaprofiilit voidaan korvata interaktiivisilla tekoälymalleilla, jotka imitoivat käyttäjäryhmiä annettujen ohjeiden mukaisesti. [9]

**UI-generointi:** Varsinainen käyttöliittymien komponenttien tuottaminen on pääasiassa pysynyt manuaalisena ohjelmointina tai hyödyntäen valmiita ohjelmointirajapintoja manuaalisesti. UI:n hierarkia on monesti monimutkaista ja laadukas UX vaatii asiantuntijalta holistista ymmärrystä niin kehityksen kuin myös käyttäjäempatian nojalta. Viimeisimmät transformeri-arkkitehtuuriin perustuvat generatiiviset tekoälymallit, ovat kuitenkin näyttäneet potentiaalia laadukkaiden UI-komponenttien generoinnissa ja niiden integroimisessa osaksi suurempaa UX kokonaisuutta.

Yksi näistä tekoälymalleista on GUIGAN, joka pystyy tuottamaan aikaisempiin menetelmiin verrattuna korkean tason käyttöliittymäkokonaisuuksia [27]. Mallin julkaisusivun perusteella kyseessä on neuroverkkoarkkitehtuuriin perustuva generatiivinen kilpaileva verkosto (engl. *Generative adversarial network*, GAN), jonka toimintaan ei kuitenkaan tässä tutkielmassa perehdytä tarkemmin. Useimmiten GAN-malleja käytetään kuitenkin kuvien generointiin. GUIGAN mallintaa verkkosivuja analysoimalla suuren määrän näyttökuvia ja korkeamman tason metamalleja niistä, jonka perusteella malli rakentaa hierarkkisia alipuita UI-komponenttien muodossa. [6] [27]

Yhteisenä tekijänä esitellyille tekoälymenetelmille on suuri koulutusdatan tarve, jonka löytäminen voi olla haastavaa. Kyseinen kirjallisuuskatsaus [6] on kuitenkin koonnut kokoelman avoimen lähdekoodin tietojoukkoja, jotka soveltuvat hyvin varsinkin tämän kappaleen tekoälymallien kouluttamiselle. Näistä kiinnostavin ja suurin on RICO, jonka dataa on mallinnettu monissa UX-tutkimuksissa. Kirjallisuuskatsauksen kokoamat tietojoukot ovat nähtävissä taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1: Kokoelma avoimen lähdekoodin tietojoukkoja, jotka soveltuvat UX- ja UI-kehityksen tekoälymenetelmille. [6]

Kategoria	Tietojoukko	Vuosi	Kuvaus	Koko
Mobiili-käyttöliittymät	RICO	2017	Suuri arkisto Android-sovelluksien malleja	72 000 kuvaruutua 9 700:sta sovelluksesta, 3 miljoonaa komponenttia
	ReDraw	2018	UI kuvaruutuja GUI metadatatalla	14 000 kuvaruutua, 191 000 komponenttia
	Enrico	2020	Ihmisen merkitsemää aiheenmallinnusta RICO:n osajoukosta	15 000 kuvaruutua, 20 aihetta
	VINS	2021	Rautalankamalleja ja merkintöjä luonnoksille ja korkean tarkkuuden UI:lle Androidille ja iOS:lle	11 komponenttia, 257 rautalankamallia, 4 500 tarkkaa kuvaruutua
	Screen2Words	2021	Kuvaruutujen yhteenvedoja perustuen RICO:n tietojoukkoon	112 000 yhteenvedoa 22 000:lle kuvaruudulle
	Clay	2022	Käsin tehtyjä merkintöjä RICO:n selventämiseksi	60 000 kuvaruudun asettelua
	Android in the Wild	2023	Ihmisen havainnollistamia vuorovaikutuksia mobiililaitteiden kanssa	715 000 vuorovaikutusta, 30 000 ohjetta
	Swire	2019	Talkoistettuja, käsin piirrettyjä luonnoksia perustuen RICO:n tietojoukkoon	3 800 kuvaruutua
	UISketch	2021	Talkoistettuja, käsin piirrettyjä epätarkkoja UI-elementtien luonnoksia	18 000 luonnosta 21:stä UI-elementistä
	Synz	2021	Synteettisiä älypuhelinien epätarkkoja kuvaruutujen luonnoksia, generoitu RICO- ja UISketch- tietojoukkojen perusteella	172 000 kuvaruutua
Lofi Sketch	2022	Talkoistettuja, käsin piirrettyjä älypuhelinien epätarkkoja kuvaruutujen luonnoksia, generoitu satunnaisella jaolla	4 500 kuvaruudun luonnosta, merkitty 21:llä UI-elementtien kategoriolla	
Web-käyttöliittymät	Webzeitgeist	2013	Suuri arkisto web-käyttöliittymiä	100 000 kuvaruutua, 100 miljoonaa komponenttia
	WebUI	2018	Edullinen, laajamittainen arkisto web-käyttöliittymiä	400 000 kuvaruutua
	Webshop	2022	Ihmisten havainnollistamia vuorovaikutuksia verkkokauppojen sivujen kanssa	12 000 ohjetta, 1 600 havainnollistusta

## 5 Yhteenveto

Tutkielma tarkasteli tekoälyn roolia ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen kehittämisessä käyttöliittymien ja käyttökokemussuunnittelun kontekstissa. Tutkimus paljasti UX-tutkijoiden jatkuvan kehitysmotiivin HCI:n alalla mukaan lukien uusien viitekehyksien, kuten UX 3.0:n muodossa. Kirjallisuuskatsaus paljasti aiheen viitekehyksien olevan hyvin uusia ja lähteet painottivat tutkimuksen dynaamisuutta ja keskeneräisyyttä. Vaikka tulokset osoittavat tekoälyn potentiaalin, ne ovat osin teoreettisia ja vailla laajaa empiiristä vahvistusta.

### 5.1 Keskeiset havainnot

Tutkielman kirjallisuuskatsaus toi esiin kolme pääkohtaa, jotka vastaavat yksitellen tutkielman tutkimuskysymyksiin:

1. **Perinteisten käyttöliittymien rajoitteet:** Erityisesti WIMP-paradigmaan perustuvat vuorovaikutusmallit osoittautuvat välillä riittämättömiksi nykyajan monimutkaisille ja monimuotoisemmille ohjelmille. Näitä rajoitteita parhantaa kasvava ja monimuotoistuva käyttäjäkunta, joka asettaa korkeammat vaatimukset saavutettavuudelle ja ihmiskeskeisyydelle.
2. **Tekoälyn mahdollisuudet UX-suunnittelussa:** Tutkielma osoitti, että tekoälyllä on merkittävä rooli perinteisten käyttöliittymäratkaisujen rajoitteiden ylittämisessä. Erityisesti suuret kielimallit ja luonnollisen kielen käsittely tar-

joavat mahdollisuuksia vuorovaikutuksen kehittämiseen ihmiskeskeisempään suuntaan. Suuret kielimallit tarjoavat vahvan teknologisen pohjan multimodaalisten, adaptiivisten ja kontekstietoisten käyttöliittymien rakentamiseen. Niitä voidaan hyödyntää paitsi reaaliaikaisessa vuorovaikutuksessa myös suunnitteluprosessin tukena, kuten käyttäjäpersoonien luomisessa, heuristisessa arvioinnissa ja UI-komponenttien generoinnissa.

3. **Tekoälyn integroinnin haasteet:** Mahdollisuuksien lisäksi tekoälyn integrointiin liittyy vielä monia haasteita käytännön sovelluksissa. Biakseen hallinta, skaalautuvuus, modaaliteettien fuusio ja tekniset resurssivaatimukset, kuten reunalaskennan tarve osoittautuivat haasteiksi. Lisäksi empiirisen datan puute rajoittaa vielä tällä hetkellä tulosten yleistettävyyttä ja käytännön soveltamista.

## 5.2 Tutkielman rajoitteet ja jatkotutkimus

Alan kirjallisuuskatsaus paljasti kuitenkin aukkoja tai toistuvia ja hämäriä määritelmiä joissain keskeisissä alueissa, kuten biakseen, käyttäjäturvallisuuteen ja eettisiin kysymyksiin liittyen. Alan tutkijat tunnistavat kyseiset ongelmat haasteiksi, mutta eivät löytäneet vielä yhteisiä tai selkeitä ratkaisuja kyseisille ongelmille.

Tutkimuksen puutteita löytyi vastaavasti myös tekoälymenetelmien integroinnin vaikutuksista käyttäjäkokemuksiin. Empiiristä dataa käyttäjäempatian ja psykologian tutkintaan ei löytynyt tarpeeksi kattavasti muodostaakseen siitä selkeitä johtopäätöksiä. Empiirisen datan puitteita selittää mahdollisesti menetelmien tuoreus ja keskeneräiset sovellusintegraatiot.

Lisäksi lähteiden hajanaisuus ja osin päällekkäiset käsitteet (esim. älykkyys, ihmiskeskeisyys ja adaptiivisuus) hankaloittavat systemaattisen viitekehyksen muodostamista. Kirjallisuus osoitti kuitenkin kasvavan kiinnostuksen ja motiivin tut-

kielman sovellusmenetelmien, kuten generatiivisen tekoälyn hyödyntämiselle käytöliittymissä.

Jatkotutkimuksien kannalta olisi hyödyllistä toteuttaa empiirisiä tutkimuksia käyttäjien reaktioista tekoälyintegraatioiden toteutuksista erilaisissa sovellusympäristöissä. Lisäksi tekoälyn ja perinteisten UX-menetelmien yhteensovittamisen parhaat tavat ja nyrkkisäännöt kaipaisivat oman viitekehyksensä, joka toimisi välimuotona tutkielmassa esitetyille viitekehyksille kuten UX 3.0:lle ja varsinaiseen tekniseen integraatioon liittyvän toimintamallin välille. Tämä ei kuulunut enää tämän tutkielman aiheeseen. Lisäksi aihealueeseen ovat sidoksissa myös tekoälyn selitettävyys (engl. *Explainable AI*) ja ihmisten ja tekoälyn tuomat yhteiset kognitiiviset ekosysteemit, jotka ovat omia tutkimusalueita, joidenka ratkaisut ovat vielä hämärän peitossa.

# Lähdeluettelo

- [1] M. Chignell, L. Wang, A. Zare ja J. Li, "The Evolution of HCI and Human Factors: Integrating Human and Artificial Intelligence", *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, vol. 30, nro 2, maaliskuu 2023, ISSN: 1073-0516. DOI: 10.1145/3557891.
- [2] Y. Huang, T. Kanij, A. Madugalla, S. Mahajan, C. Arora ja J. Grundy, "Unlocking Adaptive User Experience with Generative AI", 2024. arXiv: 2404.05442 [cs.HC].
- [3] A. S. Badashian, M. Mahdavi, A. Pourshirmohammadi ja M. M. nejad, "Fundamental Usability Guidelines for User Interface Design", teoksessa *2008 International Conference on Computational Sciences and Its Applications*, 2008, s. 106–113. DOI: 10.1109/ICCSA.2008.45.
- [4] A. Abbiss, B. Soloniewicz, C. Jordan et al., "Modern HCI for Mobile Applications, Study and Challenges", teoksessa *2021 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, 2021, s. 1969–1975. DOI: 10.1109/CSCI54926.2021.00364.
- [5] W. Xu, Z. Gao ja M. Dainoff, *An HCAI Methodological Framework: Putting It Into Action to Enable Human-Centered AI*, 2023. arXiv: 2311.16027 [cs.HC].
- [6] Y. Lu, Y. Yang, Q. Zhao, C. Zhang ja T. J.-J. Li, *AI Assistance for UX: A Literature Review Through Human-Centered AI*, 2024. url: <https://arxiv.org/abs/2402.06089>.

- 
- [7] W. Xu, "A "User Experience 3.0 (UX 3.0)"Paradigm Framework: User Experience Design for Human-Centered AI Systems", 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2403.01609.
- [8] J. Li, H. Cao, L. Lin, Y. Hou, R. Zhu ja A. El Ali, "User Experience Design Professionals' Perceptions of Generative Artificial Intelligence", sarja CHI '24, Honolulu, HI, USA: Association for Computing Machinery, 2024, ISBN: 9798400703300. DOI: 10.1145/3613904.3642114.
- [9] J. Salminen, S.-g. Jung, H. Almerexhi, E. Cambria ja B. Jansen, "How Can Natural Language Processing and Generative AI Address Grand Challenges of Quantitative User Personas?", teoksessa *HCI International 2023 – Late Breaking Papers*, H. Degen, S. Ntoa ja A. Moallem, toim., Cham: Springer Nature Sveitsi, 2023, s. 211–231.
- [10] V. Alvarez-Cortes, V. H. Zarate, J. A. R. Uresti ja B. E. Zayas, "Current Challenges and Applications for Adaptive User Interfaces", teoksessa *Human-Computer Interaction*, I. Maurtua, toim., Rijeka: IntechOpen, 2009, luku 3. DOI: 10.5772/7745.
- [11] Y. Li, R. Kumar, W. S. Lasecki ja O. Hilliges, "Artificial Intelligence for HCI: A Modern Approach", teoksessa *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, sarja CHI EA '20, Honolulu, HI, USA: Association for Computing Machinery, 2020, s. 1–8, ISBN: 9781450368193. DOI: 10.1145/3334480.3375147.
- [12] C. Stephanidis, "User interfaces for all: New perspectives into human-computer interaction", *User interfaces for all-concepts, methods, and tools*, vol. 1, nro 1, s. 3–17, 2001.
- [13] Amazon Web Services Inc. "What's the Difference Between Frontend and Backend in Application Development?" (2024), url: <https://aws.amazon.com/>

- compare / the - difference - between - frontend - and - backend/ (viitattu 04.09.2024).
- [14] T. Pueyo. ”How AI Disrupts Tech Investing”. (2024), url: [https://unchartedterritories.tomaspuayo.com/p/how-ai-disrupts-tech-investing?utm\\_source=tldrnewsletter](https://unchartedterritories.tomaspuayo.com/p/how-ai-disrupts-tech-investing?utm_source=tldrnewsletter) (viitattu 05.09.2024).
- [15] L. Birnbaum, E. Horvitz, D. Kurlander, H. Lieberman, J. Marks ja S. Roth, ”Compelling intelligent user interfaces—how much AI?”, teoksessa *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent User Interfaces*, sarja IUI '97, Orlando, Florida, USA: Association for Computing Machinery, 1997, s. 173–175, ISBN: 0897918398. DOI: 10.1145/238218.238319.
- [16] J. Bieniek, M. Rahouti ja D. C. Verma, ”Generative AI in Multimodal User Interfaces: Trends, Challenges, and Cross-Platform Adaptability”, 2024. arXiv: 2411.10234 [cs.HC].
- [17] A. Toosi, A. G. Bottino, B. Saboury, E. Siegel ja A. Rahmim, ”A Brief History of AI: How to Prevent Another Winter (A Critical Review)”, *PET Clinics*, vol. 16, nro 4, s. 449–469, 2021, Artificial Intelligence and PET Imaging, Part I. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpet.2021.07.001>.
- [18] J. Gruver, ”Multimodal UX/UI: The Future of Interactive Design”, *Medium: Design Bootcamp*, 2024. url: <https://medium.com/@jgruver/multimodal-ux-ui-the-future-of-interactive-design-19cd161a5bbd> (viitattu 05.09.2024).
- [19] R. Timbó, ”NLP vs. LLM: Differences, Uses, and Impacts”, *Revelvo blog*, 2024. url: <https://www.revelo.com/blog/nlp-vs-llm> (viitattu 14.10.2024).
- [20] A. Tanskanen. ”Suomenkielisen puheentunnistus- mallin kehittäminen”. (2021), url: <https://gofore.com/suomenkielisen-puheentunnistus-mallin-kehittaminen/> (viitattu 02.11.2024).

- 
- [21] J. Gruver, "The Intersection of NLP and UX/UI Design: A Comprehensive Guide", *Medium: Design Bootcamp*, 2024. url: <https://medium.com/design-bootcamp/the-intersection-of-nlp-and-ux-ui-design-a-comprehensive-guide-ffcd2eaa12c8> (viitattu 14.10.2024).
- [22] N. V. Otten. "Multimodal Natural Language Processing (NLP): The Next Powerful Shift In AI". (2023), url: <https://spotintelligence.com/2023/12/19/multimodal-nlp-ai/> (viitattu 02.11.2024).
- [23] OpenAI. "Hello GPT-4o". (2024), url: <https://openai.com/index/hello-gpt-4o/> (viitattu 09.11.2024).
- [24] OpenAI. "Learning to Reason with LLMs". (2024), url: <https://openai.com/index/learning-to-reason-with-llms/> (viitattu 09.11.2024).
- [25] S. Gupta, R. Ranjan ja S. N. Singh, "Comprehensive Study on Sentiment Analysis: From Rule-based to modern LLM based system", 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2409.09989.
- [26] L. Burnam. "We Surveyed 1093 Researchers About How They Use AI—Here's What We Learned". (2023), url: <https://www.userinterviews.com/ai-in-ux-research-report-2023> (viitattu 22.11.2024).
- [27] T. Zhao. "GUIGAN". (2021), url: <https://github.com/GUIDesignResearch/GUIGAN> (viitattu 03.04.2025).