



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

Tekoälyn rooli sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa

Tietojärjestelmätieteen
Kandidaatintutkielma

Laatija:
Alex Eränne

Ohjaaja:
FT Kai Kimppa

20.12.2024

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidutkielma

Oppiaine: Tietojärjestelmätiede

Tekijä(t): Alex Eränne

Otsikko: Tekoälyn rooli sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa

Ohjaaja(t): FT Kai Kimppa

Sivumäärä: 30 sivua

Päivämäärä: 20.12.2024

Tekoäly on yleistynyt merkittävästi ja rahoitusosalalla sitä hyödynnetään jo sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa. Tekoälypohjaiset sijoitusneuvontapalvelut tarjoavat mahdollisuuden tasapuolistaa pääsyä sijoitusneuvonnan piiriin. Roboneuvojat ovat yleistyneet sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Roboneuvojen avulla voidaan säästää kustannuksista ja tehdä sijoitusneuvonnasta saavutettavampaa laajemmalle käyttäjäjoukolle. Tässä tutkimuksessa selvitetään, että kuinka hyvin tekoälypohjaiset sijoitusneuvojat suoriutuvat ja minkälaisia riskejä ja haasteita niihin liittyy. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Tutkielmaa varten on käyty läpi tekoälyyn, roboneuvojiin ja uuden teknologian hyväksymiseen liittyvää kirjallisuutta.

Roboneuvojat auttavat sijoittajia hajauttamisessa ja ajansäästöissä, mutta niiden suorituskyky riippuu palveluntarjoajasta ja käyttökontekstista. Roboneuvojat auttavat mm. alihajautettujen portfolioiden hajautuksessa, joka vähentää niiden volatilitteettia. Asenne tekoälyyn vaikuttaa halukkuuteen käyttää kyseisiä palveluita. Roboneuvojiin ja tekoälyyn yleisesti liittyy monia riskejä, kuten päätöksentekoprosessien läpinäkyvyyden puute, tietoturvariskit ja epäselvä sääntely. Näiden lisäksi vastuujako on epäselvää tilanteissa, jossa roboneuvojat tekevät virheitä. Tekoälymallien selitettävyyden puute on merkittävä ongelma. Modernit koneoppimis- ja muut tekoälyalgoritmit saattavat olla niin monimutkaisia, että niiden kehittäjät eivät täysin ymmärrä niiden toimintaa. Tänä päivänä tehokkaimmat tekoäly- ja koneoppimisalgoritmit eivät ole kovin selitettäviä. Vaikka selitettävyyden lisääminen auttaisi ymmärtämään järjestelmiä paremmin ja helpottaisi niiden puutteiden korjaamista, suorituskyky saattaa laskea, mikäli tekoälymallien selitettävyyttä halutaan parantaa.

Tekoälyllä on mahdollista mullistaa sijoitusneuvonta ja varainhoito. Ihmisneuvojat ovat yleensä kalliita, jonka takia monilla ei ole mahdollisuutta käyttää heitä sijoitustensa tekemisen apuna. Roboneuvojat voisivat tehdä sijoitusneuvonnasta saavutettavampaa tarjoamalla kustannustehokkaan ja automatisoidun ratkaisun varainhoitoon. Laajamittainen hyödyntäminen vaatii kuitenkin luottamuksen rakentamista ja tarvittavan sääntelyn kehittämistä. Tekoälymallien päätöksentekoprosessit eivät aina ole selkeitä, eivätkä käyttäjät aina tiedä, millä perusteilla he ovat saaneet neuvoja. Hybridimallit, joissa ihminen ja tekoäly tekevät yhteistyötä, voivat lisätä päätöksentekoprosessien ymmärrettävyyttä. Sen lisäksi on mahdollista, että ne pystyvät korjaamaan toistensa virheitä, mikä saattaa auttaa tarkentamaan päätöksentekoprosesseja.

Avainsanat: tekoäly, roboneuvoja, sijoitusneuvonta, varainhoito, mustalaatikko

SISÄLLYS

1	Johdanto	6
2	Keskeiset käsitteet	8
	2.1 Tekoäly	8
	2.2 Roboneuvojat	11
3	Tekoäly rahoitusallalla	12
	3.1 Tekoäly sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa	12
	3.2 Tekoälypohjaisten sijoitusneuvontapalveluiden suoriutuminen	12
	3.3 Tekoälypohjaisten sijoitusneuvontapalveluiden käytettävyys	14
	3.4 Luottamus tekoälypohjaisia sijoitusneuvojia kohtaan	15
4	Tekoälyn käytön riskit ja haasteet	20
	4.1 Tekoälyyn liittyvät riskit	20
	4.2 Tekoälyn tuomat riskit sijoitusneuvontaan ja varainhoitoon	21
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	24
	Lähteet	26

KUVIOT

Kuvio 1 Moderneja tekoälytekniikoita (alkuperäinen kuvio Cao, 2022)	10
Kuvio 2 Sharpen luvun ex-ante kaava, jolla voi laskea ennustavasti Sharpen luvun (Sharpe, 1994)	13
Kuvio 3 TAM-malli yksinkertaistettuna kaaviomuodossa (alkuperäinen kaavio Venkatesh & Davis, 2000)	16
Kuvio 4 Chuan et al. (2023) artikkelissa esitetty kaavio tekoälypohjaisien sijoitusneuvojen hyväksymiseen	17
Kuvio 5 Flavián et al. artikkelin esittelemä malli, jossa esitetään neljä ulottuvuutta, jotka vaikuttavat teknologian hyväksymiseen	18

TAULUKOT

Taulukko 1 Erilaisten tekoälyjärjestelmien kyvykkyyksiä verrattuna ihmiseen (alkuperäinen taulukko Kaplan & Haenlein, 2019)	9
---	---

1 Johdanto

Sijoittamisen avulla voi kasvattaa merkittävästi varallisuutta pitkällä aikavälillä, mutta sen opettelu voi monille olla haastavaa ja aikaa vievää. Sijoitusneuvonnalle on kysyntää, mutta useimmille vähävaraisille ja keskituloisille sijoitusneuvojen palvelut ovat liian kalliita tai niitä ei ole edes tarjolla. Sijoitusneuvonnan kalleus on johtanut siihen, että yleensä vain varakkailta henkilöillä on mahdollisuus näiden palveluiden käyttöön. Tekoälypohjaisilla sijoitusneuvojilla pystyisi demokratisoimaan mahdollisuuden saada sijoitusneuvontaa. (Reher & Sokolinski, 2024.)

Tekoälyä (engl. artificial intelligence, AI) on käytetty rahoitusalaalla pitkään, mutta finanssiteknologian innovaatiot ovat muuttaneet toimialaa. Tekoälyä hyödynnetään muun muassa varainhoidossa, lainapalveluissa ja riskienhallinnassa. Alalla on kuitenkin monia haasteita, kuten tiukka sääntely, datan hajanaisuus ja epätäydellisyys sekä riskienhallinnan keskeinen asema. Tekoälymenetelmät ovat kehittyneet paljon viime vuosikymmeninä. Klassisia tekoälymenetelmiä ovat muun muassa matemaattinen ja tilastollinen mallintaminen, asiantuntija- ja päätöksentekojärjestelmät sekä optimointi ja simulointi. Nykyaikaisia tekoälymenetelmiä ovat muun muassa koneoppiminen (engl. machine learning, ML), luonnollisen kielen käsittely (engl. natural language processing, NLP), vahvistusoppiminen (engl. reinforcement learning) ja erilaiset hybridimallit. (Cao, 2022.)

Tekoälyn käytettävyys ja luotettavuus ovat tärkeitä kysymyksiä myös rahoitusalan tiukan sääntelyn takia. Jotkut roboneuvojat (engl. robo advisors) eivät paljasta päätöksentekomenetelmiä, kuten esimerkiksi miten ne arvioivat varianssia ja korrelaatiota. Kuitenkin on selvää, että ne tukeutuvat historialliseen tietoon (D'Hondt et al., 2020.) Roboneuvojat ovat edullisia, tehokkaita ja ottavat huomioon asiakkaan henkilökohtaiset tarpeet kyselyillä. Ne antavat neuvoja tai tekevät suoraan sijoituspäätöksiä kyselyiden tekemien profiloitien mukaan. Tekoäly koneoppimisen, luonnollisen kielen käsittelyn, puheentunnistuksen ja ennakoivan analyysin muodossa mahdollistaa sen, että robotit ja chatbotit voivat antaa sijoitusneuvontaa, analysoida riskejä, hallita varoja ja harjoittaa algoritmista kaupankäyntiä. Sääntely- ja hallintouudistukset ovat aiheuttaneet pankeille ylimääräisiä kustannuksia sääntöjen noudattamisesta, jonka takia pankit yrittävät etsiä keinoja voittojen kasvattamiseen kompensoidakseen näitä kuluja. (Lee & Shin, 2018; Lui & Lamb, 2018.) Sijoitusneuvonnalle on kysyntää ja tekoälypohjaiset sijoitusneuvojat voisi tuoda ratkaisun kysyntään tarjoamalla halpaa sijoitusneuvontaa sitä tarvitseville (D'Hondt et al., 2020). Tässä tutkielmassa tutkitaan sitä, luottavatko ihmiset tekoälyn tuottamaan sijoitusneuvontaan ja minkälaisia riskejä tähän liittyy.

Sijoittaminen vaatii opettelua ja riskit kasvavat, mikäli sijoittaminen ei pohjautu markkinoilla tarvittavaan tietotaitoon. Vaikka on kiinnostunut sijoittamisesta, ei välttämättä ole aikaa sen opetteluun. Tyypillisesti sijoittajalla täytyy kuitenkin olla tietty varallisuustaso, jotta voi päästä pankkien sijoitusneuvonnan piiriin. Tämä vaikeuttaa esimerkiksi vähävaraisten ja matalasti koulutettujen mahdollisuuksiin kasvattaa varallisuutta sijoittamisen kautta, koska he eivät saa apua sijoittamiseen. Tekoälypohjaiset sijoitusneuvojat voisivat olla kustannustehokas vaihtoehto sijoitusneuvonnalle. Roboneuvojat voisivat tehdä sijoitusneuvonnasta saavutettavampaa ja tuoda niitä asiakkaita varainhoidon piiriin, joilla ei ole ollut mahdollisuutta siihen ennen.

Tutkielmassa vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Kuinka hyvin tekoälypohjaiset sijoitusneuvontapalvelut suoriutuvat?
2. Mitkä ovat tekoälypohjaisten sovellusten riskit ja haasteet sijoitusneuvonnassa?

Tässä tutkielmassa on tehty perinteinen kirjallisuuskatsaus, jossa perehdytään aihetta käsitteleviin tieteellisiin teksteihin. Tutkielma keskittyy tekoälyn rooliin ja käytettävyyteen sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa. Aineistoja on kerätty Scopus- ja Volter-tietokannoista ja rahoitus- ja tietotekniikan alojen sekä tietojärjestelmätieteiden jounaaleista.

Tekoälyn käytetään rahoituslalla laajasti, mutta tämä tutkielma keskittyy roboneuvojen käsittelyyn. Tutkielman rakenne on seuraavanlainen: luvussa 2 avataan tutkielman ja aiheen kannalta keskeiset käsitteet, kuten tekoäly ja roboneuvoja. Näiden käsitteiden määrittely on oleellista tämän tutkielman aiheen ymmärtämiseen Luvussa 3 käsitellään tekoälyä rahoituslalla ja sen suoriutumista, käytettävyyttä ja luotettavuutta sekä mitkä asiat vaikuttavat uuden teknologian hyväksymiseen. Luvussa 4 käsitellään keskeisiä riskejä tekoälyyn liittyen ja minkälaisia riskejä voi syntyä tekoälyn käytöstä sijoitusneuvonnassa. Luvussa 3 vastataan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen ja luvussa 4 toiseen. Luku 5 sisältää johtopäätökset ja yhteenvedon.

2 Keskeiset käsitteet

2.1 Tekoäly

Tekoäly on automatisoinut rutiinitehtäviä, joita ihmiset ovat aiemmin tehneet (Chua et al., 2023). Tekoälyä on käsitelty tieteellisessä kirjallisuudessa jo vuosikymmeniä, mutta sillä ei ole yleistä hyväksyttyä määritelmää. Määritelmän puutos on vaikeuttanut tekoälyn kokonaisvaltaista ymmärtämistä empiirisissä tutkimuksissa. (Duan et al., 2019; Kaplan & Haenlein, 2019; Mikalef & Gupta, 2021.)

Kaplanin ja Haenleinin (2019) artikkelia määrittelee tekoälyn järjestelmän ominaisuutena tulkita ulkoista dataa oikein ja oppia siitä sekä käyttää niitä oppeja saavuttaakseen tietyn lopputuloksen. Artikkelin luokittelee tekoälyn kolmeen eri kategoriaan: kapeaan- (engl. artificial narrow intelligence, ANI), yleiseen- (engl. artificial general intelligence, AGI) ja super (engl. artificial super intelligence, ASI) tekoälyyn (Haenlein & Kaplan, 2019). Kapea tekoäly on suunniteltu suorittamaan tiettyä tehtävää eikä pysty ratkaisemaan itsenäisesti ongelmia tehtävän kuvan ulkopuolelta. Kaplanin & Haenleinin (2019) artikkeli käyttää Facebookin kasvojen tunnistusta ja Applen Sirin puheentunnistusta esimerkkinä kapeasta tekoälystä. Yleinen tekoäly on kykenevä useaan eri tehtävään ja pystyy ratkaisemaan ongelmia, joita sille ei ole koulutettu. Artikkelissa puhutaan supertekoälyn mahdollisuudesta eli itsetietoisesta tekoälystä.

Tekoälyn voi luokitella myös ominaisuuksien mukaan: analyttiseen-, ihmismäiseen- (engl. human-inspired) ja inhimilliseen (engl. humanized) tekoälyyn. Analyttisellä tekoälyllä on kognitiiviset kyvyt tarkastella maailmaa ja niiden toiminta perustuu historialliselle tiedolle. Yrityksien käyttämät tekoälyt ovat usein analyttisiä tekoälyjä. Esimerkiksi rahoitusala ja sijoitusneuvonnassa käytettävät roboneuvojat ovat analyttisiä tekoälyjä. Ihmismäisillä tekoälyillä on kyky tunnistaa ihmisen tunteita ja tehdä päätöksiä niiden perusteella. Artikkelin esittelee inhimillisen tekoälyn, joka pystyy ajattelemaan. Tosin inhimillistä tekoälyä ei ole vielä olemassa. (Kaplan & Haenlein, 2019.)

Taulukko 1 Erilaisten tekoälyjärjestelmien kyvykkyyksiä verrattuna ihmiseen (alkuperäinen taulukko Kaplan & Haenlein, 2019)

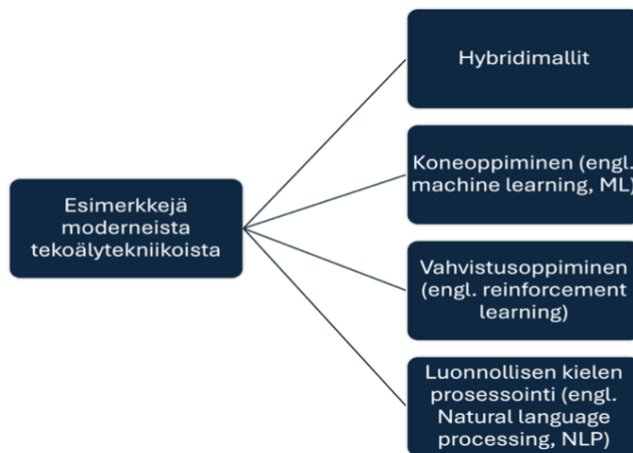
	<i>Asiantuntijajärjestelmät</i>	<i>Analyyttinen tekoäly</i>	<i>Ihmismäinen tekoäly</i>	<i>Inhimillinen tekoäly</i>	<i>Ihminen</i>
<i>Kognitiivinen älykkyyys</i>	x	x	x	x	x
<i>Tunneäly</i>		x	x	x	x
<i>Sosiaalinen älykkyyys</i>				x	x
<i>Taiteellinen luovuus</i>					x

Turingin artikkelissa *Computing machinery and intelligence* (1950) esitellään Turingin testi, jonka avulla voidaan mitata tekoälyn ihmismäisyyttä ja älykkyyttä. Turingin testin tarkoituksena on saada kone imitoimaan ihmistä tarpeeksi hyvin, jotta ihminen ei tajua olevansa vuorovaikutuksessa koneen kanssa kirjoitetun tekstin perusteella. Kone käyttäytyy älykkäästi, mikäli ihminen ei tunnista puhuvansa koneen kanssa. (Turing, 1950.) Vuonna 1964 Joseph Weizenbaum MIT:stä loi ensimmäisen luonnollisen kielen käsittelyyn tarkoitettua tietokoneohjelman nimeltä ELIZA. Ideana oli luoda ohjelma, joka läpäisee Turingin testin. (Kaplan & Haenlein, 2019.)

Koneoppiminen on metodi, joka auttaa konetta oppimaan ilman ohjelmointia (Kaplan & Haenlein, 2019). Koneoppiminen auttaa konetta oppimaan historiallisesta datasta ja louhimaan tietoa järjestelmästä, johon data on rekisteröity, ilman matemaattisia malleja. Koneoppimista hyödynnetään useilla aloilla, kuten esimerkiksi lääketieteessä, tautien leviämisen jäljittämässä, osakemarkkinoilla, hakukoneissa ja videopeleissä. (Goodell et al., 2021.) Koneoppimisjärjestelmiä käytetään kuvien kohteiden tunnistamiseen, puheen litteroimiseen tekstiksi, uutisten, viestien tai tuotteiden yhdistämiseen käyttäjien kiinnostuksen kohteiden kanssa ja osuvien hakutulosten valitsemiseen. Yleisin muoto koneoppimisesta on valvottu oppiminen. (LeCun et al., 2015.)

Syväoppiminen on koneoppimisen alalaji, jossa käytetään neuroverkoiksi kutsuttuja algoritmeja. Neuroverkot ovat suunniteltu simuloimaan ihmisen aivojen rakennetta. Neuroverkkojen kouluttamisessa käytetään vastavirta-algoritmi (engl. backpropagation) menetelmää.

Syväoppiminen tunnistaa suurten datajoukkojen monimutkaisia rakenteita hyödyntämällä vastavirta-algoritmia, joka määrittää, miten koneen tulee muokata sisäisiä parametrejaan. Näitä parametreja käytetään laskemaan jokaisen kerroksen esitys edellisen kerroksen esityksen pohjalta. Syväoppiminen on edistänyt merkittävästi luonnollisen kielen prosessoinnin tehtäviä, kuten kääntämistä ja tekstin muodostamista. Näiden lisäksi syväoppiminen on tehokas kuvan ja puheen tunnistamisessa. (LeCun et al., 2015.)



Kuvio 1 Moderneja tekoälytekniikoita (alkuperäinen kuvio Cao, 2022)

Tekoälyn keskeinen piirre on sen kyky oppia aiemmasta tiedosta. Oppimiseen käytetään kolmea menetelmää: valvottu oppiminen (engl. supervised learning), valvomaton oppiminen (engl. unsupervised learning) ja vahvistusoppiminen (engl. reinforcement learning). Valvotussa oppimisessa tietokone oppii yhdistämään annetut syötteet valmiiksi merkattuihin tuloksiin. Tämä menetelmä on usein helpoimmin ymmärrettävissä, koska siinä käytetään myös perinteisiä tilastotieteen työkaluja, kuten lineaarista regressiota tai luokittelupuita. Valvottu oppiminen sisältää kuitenkin myös monimutkaisempia menetelmiä, kuten neuroverkkoja. Esimerkki valvotusta oppimisesta on kuvatunnistus, jossa tekoälylle voidaan syöttää suuri tietokanta kuvia joko Chihuahuasta tai muffinista, jonka jälkeen järjestelmä pyrkii oppimaan erottamaan nämä toisistaan. (Kaplan & Haenlein, 2019.)

Valvomattomassa oppimisessa koneelle annetut syötteet ovat merkattu, mutta tuloksia ei ole valmiiksi määritetty. Valvomattomassa oppimisessa tulokset syntyvät algoritmien omista analyyseistä. Sen takia tuloksien oikeellisuutta voi olla vaikeaa arvioida ja se vaatii käyttäjiltä enemmän luottamusta järjestelmään. Puheentunnistus, kuten Applen Siri ja Amazonin Alexa, hyödyntää usein valvomatonta oppimista. (Kaplan & Haenlein, 2019.)

Vahvistusoppiminen on oppimistapa, jossa järjestelmää opetetaan palkkioiden ja rangaistusten avulla eli oikeista teoista saa palkkioita ja vääristä rangaistuksia. Vahvistusoppimisella tavoitellaan toimia, joilla saadaan mahdollisimman paljon palkintoja. (Kaplan & Haenlein, 2019.)

2.2 Roboneuvojat

Roboneuvojen suosio on kasvanut paljon viimeisen vuosikymmenen aikana. Roboneuvojat kehittyivät 2010-luvun alkupuolella vastalauseena perinteisten varainhoitajien rajoitteisiin (Reher & Sokolinski, 2024). Roboneuvonannolla tarkoitetaan digitaalisen alustan tarjoamien automaattisiin algoritmeihin perustuvien taloudellisten neuvojen vastaanottoa ja toteutusta ilman ihmisen apua. (Phoon & Koh, 2017; D'Acunto et al., 2019.) Eräissä tutkimuksissa on ehdotettu nimenvaihdosta roboneuvojista esimerkiksi tekoälyneuvojiksi (engl. AI-advisor), koska se kuvaisi roboneuvoja kehittyneinä, datavetoisina analyttisinä järjestelminä. Nimenmuutos voisi lisätä käyttöaikomuksia asiakkaiden keskuudessa. (Flavián et al., 2022.) Roboneuvoja hyödyntää digitaalisia työkaluja ohjatakseen käyttäjiä ja auttaakseen heitä kehittämään sijoituskäyttäytymistään kohti yksinkertaista tavoiteperusteista päätöksentekoa (Jung et al., 2018). Roboneuvojen tekemät portfoliot eivät ole suosituksia, vaan ne itsenäisesti valitsevat sijoituskohteet ja hoitaa sekä tasapainottaa portfolioita, mutta niistä kuitenkin on myös hybridivaihtoehtoja, jotka sekä suosittavat että tekevät omia ratkaisujaan (Barile et al., 2024). Koska sijoittajilla ei ole kovinkaan paljon päätäntävaltaa roboneuvojen toimintaan, niiden portfolioiden suoriutuminen ei riipu käyttäjän sivistyksestä, kyvystä hajauttaa tai haluttomuudesta tasapainottaa portfoliota. (Reher & Sokolinski, 2024.)

Vuonna 2021 neljä suurinta roboneuvoja tarjoavaa rahoituslaitosta ovat Vanguard, Charles Schwab, Betterment ja Wealthfront. Euroopassa suurin on Scalable. (Statista, 2024.) Reherin ja Sokolinskin (2024) tutkimuksen mukaan Yhdysvaltojen markkinoilla Wealthfrontin roboneuvoja on ainoa puhtaasti automaatioon nojautuva. Wealthfront ei myöskään tarjoa ihmisneuvontaa. Wealthfrontin hallinnassa on 2,4 miljardia dollaria Yhdysvaltojen markkinoilla. Vuonna 2015 sijoittajan täytyi sijoittaa 500 dollaria, jotta voisi käyttää Wealthfrontin roboneuvojaa. (Reher & Sokolinski, 2024.)

3 Tekoäly rahoituslalla

3.1 Tekoäly sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa

Tekoälyn roolin odotetaan kasvavan tulevaisuudessa. Tekoälyn maailmanlaajuisen osuuden pankkitoiminnassa ennustetaan nousevan 64,03 miljardiin dollariin vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2024 roboneuvojat hallinnoivat 1,8 biljoonaa dollaria ja käyttäjiä on 32 miljoonaa (Statista, 2024). Algoritmisen kaupankäynnin osuus on noin 70 prosenttia Yhdysvaltojen osakemarkkinat kattavasta kaupankäyntivolyymista (Koo, 2024.) Kuitenkin tutkimukset tekoälysovelluksien käytöstä rahoituslalla ovat vielä alkutekijöissä, jonka vuoksi on vaikeaa analysoida pitkän aikavälin suoriutumista. (ks. esim. Hendershott et al., 2021; Hughes et al., 2023; Barile et al., 2024)

Erityisesti matalan koulutus- ja tulotason omaavat henkilöt voisivat hyötyä robosijoittamisesta, koska heillä ei välttämättä ole varaa tai tarvittavaa osaamista sijoittamisen aloittamiseen.

Ihmisneuvojat ovat kalliita ja vaativat usein tietyn varallisuustason, mikä vaikeuttaa avun saantia monien ihmisten kohdalla. Roboneuvojat ovat kustannustehokas vaihtoehto ihmisneuvojille ja ne voisivat madaltaa kynnystä sijoittamisen aloitukseen. Sen lisäksi on yleisesti tiedossa, että yksityissijoittajat eivät hajauta sijoitusportfolioitaan tarpeeksi. (D'Hondt et al., 2020.)

Sijoitusneuvontaan liittyy monenlaisia ongelmia, kuten vähäinen luottamus sijoitusneuvojiin eturistiriitojen vuoksi ja finanssiteknologiaan liittyvät rajoitukset (Bunnell et al., 2020). Monet kotitaloudet hakevat rahoitus- ja sijoitusneuvojilta apua ja päätyvät saamaan joko kalliita tai huonolaatuisia neuvoja. Luottamusvelvollisuuden (engl. fiduciary obligation) puute ja myynneistä saadut komissiot ovat keskeinen huolenaihe rahoitusneuvojien suhteen. Rahoitusneuvojat monesti suosittelevat aktiivisesti hoidettuja rahastoja, vaikka tutkimukset osoittavat passiivisia sijoitusstrategioita noudattavien rahastojen pärjäävän paremmin. Sen lisäksi rahoitusneuvojien palvelut maksavat, joten niistä koituvat maksut saattavat laskea portfolion tuottoja. Tarpeellinen hajauttaminen saattaa myös jäädä tekemättä. Rahoitusneuvojien ja asiakkaiden henkilökohtaiset mielipiteet saattavat poiketa toisistaan, jolloin asiakkaiden tavoitteita tai riskinsietokykyä ei välttämättä huomioida tarpeeksi. (Linnainmaa et al., 2021.)

3.2 Tekoälypohjaisten sijoitusneuvontapalveluiden suoriutuminen

Tekoälypohjaisten sijoitusneuvontapalveluiden suoriutumista voi tarkastella monella eri tavalla, koska sijoittamista voi harjoittaa eri tavoilla. Sijoittamista voi tehdä lyhyellä-, keskipitkällä- ja pitkällä aikavälillä sekä eri kokoisilla riskillä. Sijoittamiseen liittyy markkinariski riippuen

sijoituksen kohteesta ja instrumentista. Tekoölypohjaiset mallit auttavat analysoimaan sijoittajien käyttäytymistä, usein kaupankäynnin luokittelun ja tunnesisällön analyysin kautta (Goodell et al., 2021).

Tekoölyn tekemien portfolioiden suoriutumista voidaan seurata esimerkiksi Sharpen luvulla. Sharpen luku on mittari, joka kuvaa esimerkiksi portfolion suoriutumista verrattuna riskittömään vaihtoehtoon. Se kuvaa tuottoa verrattuna riskittömään tuottoon ja suuri positiivinen Sharpen luku kertoo hyvästä tuoton ja riskin välisestä suhteesta. Sharpen luvun voi laskea ”ex-ante” eli ennustavasti tai ”ex-post” eli jälkikäteen. (Sharpe, 1994.)

$$S_a = \frac{E[R_a - R_b]}{\sigma_a} = \frac{E[R_a - R_b]}{\sqrt{\text{var}[R_a - R_b]}}$$

Kuvio 2 Sharpen luvun ex-ante kaava, jolla voi laskea ennustavasti Sharpen luvun (Sharpe, 1994)

Tekoölypohjaisten sijoitusneuvojen suoriutumisen taso on vaihtelevaa ja se riippuu siitä, minkä palveluntarjoajan roboneuvojaa käytetään. Joidenkin mielestä suurin osa roboneuvojista antaa huonoja ja yleistettäviä neuvoja. Lisäksi asiakkaiden on vaikea arvioida neuvojen laatua (Faloon & Scherer, 2017). Roboneuvojen avulla pienen sijoitusvarallisuuden omaavat sijoittajat voivat saada kohtuullisia tuottoja (Reher & Sokolinski, 2024).

Kun tutkitaan roboneuvojen suoriutuvuutta olemassa olevan kirjallisuuden pohjalta, täytyy ottaa huomioon artikkelin julkaisuvuosi. Tekoölyn kyvykkyudet kehittyvät koko ajan, joten esimerkiksi viiden vuoden takaiset tutkimukset eivät välttämättä anna oikeaa kuvaa tekoölyn kyvykkyyksistä tänä päivänä. Caon ym. (2024) tutkimuksessa vertailtiin ihmisen ja tekoölyanalyytikon suoriutumista. Tutkimuksessa vertailtiin pelkän ihmisen kyvykkyksiä ja pelkän tekoölyn kyvykkyyttä ennustaa osaketuottoja sekä minkä taseisia ennustuksia nämä tekevät yhdessä. Yrityksien raportteihin toimialatrendeihin ja makrotaloudellisiin ilmiöihin koulutettu tekoölyanalyytikko voittaa useimmat ihmisanalyytikot osaketuottojen ennustamisessa. Tekoöly on ihmistä parempi, kun informaatio on selkeää ja sitä on paljon. Ihminen voittaa tilanteissa, jossa institutionaalinen tieto on kriittistä, kuten aineettomien omaisuuserien ja taloudellisten vaikeuksien kohdalla. Tekoölyn ja ihmisen yhdistäminen mahdollistaa tarkkojen ennusteiden luonnin. Tekoölyn ja ihmisen yhteistyö ennaltaehkäisee suurien virheiden syntymisen. (Cao et al., 2024.)

3.3 Tekoälypohjaisten sijoitusneuvontapalveluiden käytettävyys

Tekoälypohjaisten mallit ovat helpottanut aiemmin vaikeasti löydettävien lineaaristen ja epälineaaristen yhteyksien tunnistamisen. Syväoppimismallit ovat kehittäneet tekstin louhintaa ja luonnollisen kielen käsittelyä. Tänä päivänä tekoälyn avulla pystytään analysoimaan strukturoimatonta ja jäsentämätöntä dataa, kuten uutisia, ja koneoppiminen auttaa ymmärtämään markkinoiden mikrostruktuureja. Kuitenkin on huomattu, että tekoälypohjaiset sovellukset ovat alttiita datan väärentelyyn (engl. data dredging), joka saattaa johtaa väriin löydöksiin. (Hendershott et al., 2021.)

Tekoälypohjaiset roboneuvonantajien avulla sijoituspalveluita tarjoavat yritykset voivat vähentää ihmisneuvojista koituvia kustannuksia. Ihmisneuvojista koituu palkkakustannuksien lisäksi perehdytyskustannuksia työntekijöiden vaihtuvuuden vuoksi. Roboneuvojat tarjoavat helppoutta ja yksinkertaisuutta, koska niiden avulla sijoitusneuvontaa voi tarjota useammalle halvemmalla. (D'Acunto et al., 2019; El Hajj & Hammoud, 2023.)

Roboneuvonantajat auttavat käyttäjiään hajauttamaan portfolionsa esimerkiksi lisäämällä maantieteellistä hajautusta ja varallisuuslajien määrää. Roboneuvonta laskee myös kuluja, joita sijoittamiseen liittyy. Roboneuvojat nopeuttavat kaupankäyntiä ja trendienhakuisuus on harvinaisempaa. Volatiliteetti väheni niiden sijoittajien kohdalla, joiden portfoliot olivat alihajautettuja (osakkeita viisi tai alle) (D'Acunto et al., 2019; Rossi & Utkus, 2024). Sijoittamiseen keskittyvä nettisivusto Investopedia (2024) määrittelee volatilitietin tilastolliseksi mitaksi, joka kertoo tietyn arvopaperin tuoton hajonnan ja yleensä suurempi volatilitietti tarkoittaa suurempaa riskiä. Roboneuvonantajat lisäävät lyhyen aikavälin kaupankäyntiä niiden sijoittajien kohdalla, joiden portfoliot ovat valmiiksi hyvin hajautetut. Lyhyen aikavälin kaupankäynnin lisääntyminen ei kuitenkaan kasvattanut portfolioiden tuottoja. (D'Acunto et al., 2019.)

Rossin ja Utkuksen (2024) tutkimuksen mukaan roboneuvonantajat auttavat vähentämään liiallista kiintymystä oman kotimaan osakkeisiin. Roboneuvonta myös auttaa säästämään keskimäärin kuusi tuntia sijoituspäätöksien teossa. Tutkimuksen tuloksien mukaan roboneuvojista hyötyivät eniten sijoittajat, joilla ei aiemmin ollut sijoituksia erilaisissa omaisuuslajeissa tai indeksirahastoissa ja sijoittajien kohdalla, joilla oli paljon sijoitettavaa varallisuutta käteisenä. Roboneuvonnan tekemien portfolioiden Sharpen luvut olivat erinomaiset eli ne pärjäsivät paremmin riskittömään vaihtoehtoon verrattuna.

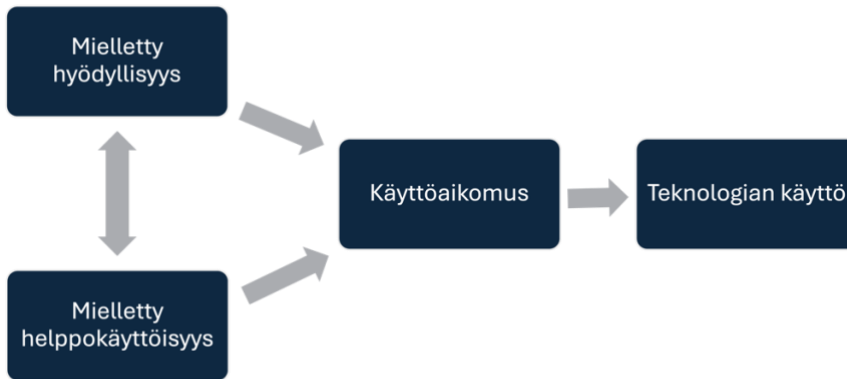
Bunnelin, Osei-Bryson ja Yoon (2020) tutkimuksessa esitellään suosittelujärjestelmä, jonka avulla voi antaa taloudellisia neuvoja. Tutkimuksessa esitellään FinPathlight -järjestelmä, jonka raamina on multiagentti systeemi (engl. multiagent system). Multiagentti systeemin arkkitehtuuriin kuuluu erilaisia agentteja, joilla on omat roolit. Eri rooleja ovat muun muassa käyttöliittymän hallinta, datan tuonti, suositusten muodostaminen, varastointi, ontologian hallinta ja oppiminen. Tehtävien jako agenttien kesken parantaa järjestelmän suorituskykyä, skaalattavuutta ja datan eheyttä. Sopeutuvuus ja skaalautuvuus, jotka ovat keskeisiä asioita, kun suunnitellaan monimutkaisien ja suurien datavetoisia järjestelmiä (Bunnell et al., 2020). Järjestelmän päätöksenteko perustuu ontologiaan, joka mahdollistaa personoitujen neuvojen annon. Ontologia tarkoittaa tekoälyjärjestelmien kohdalla järjestelmään liittyvien käsitteiden ja niiden välisten suhteiden täsmällistä kuvaamista (Gruber, 1995). Ontologia luo selkeän pohjan tiedon organisoinnille ja mahdollistaa käyttäjiensä taloudellisten tavoitteiden luokittelun ja personoinnin. Artikkelin antaa käytännönläheisen kuvan, minkälaista järjestelmää voisi käyttää tekoälypohjaisessa sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa.

3.4 Luottamus tekoälypohjaisia sijoitusneuvoja kohtaan

Uuden teknologian hyväksymistä on tutkittu monen kymmenen vuoden ajan. Teknologian kehitys on vuosikymmenien aikana ottanut suuria harppauksia, mutta uuden teknologian hyväksymiseen liittyvät seikat ovat pysyneet samankaltaisina, vaikka hyväksymismalleja on päivitetty (Davis, 1989; Venkatesh et al., 2003, 2012). Tekoälypohjaiset sijoitusneuvojat voisivat mullistaa tavan, miten sijoittaa. Ne mahdollistaisivat sijoitusneuvonnan annon myös heille, joiden varallisuus ei ylitä pankkien vähimmäisvarallisuusrajoja. Kuitenkin uuden teknologian hyväksyminen ei ole yksiselitteistä vaan siihen vaikuttaa erilaiset tekijät, kuten esimerkiksi ikä, sukupuoli ja kokemus. Esimerkiksi nuoret miehet ovat valmiimpia käyttämään uutta teknologiaa kuin vanhemmat naiset. (Venkatesh et al., 2003, 2012.)

TAM-malli eli teknologian hyväksymisen malli (engl. technology acceptance model TAM) selittää, mitkä asiat vaikuttavat uuden teknologian hyväksyntään ja käyttöön. TAM-malli koostuu kahdesta

osasta: mielletty hyödyllisyys (engl. perceived usefulness) ja mielletty helppokäyttöisyys (engl. perceived ease of use). (Davis, 1989.)

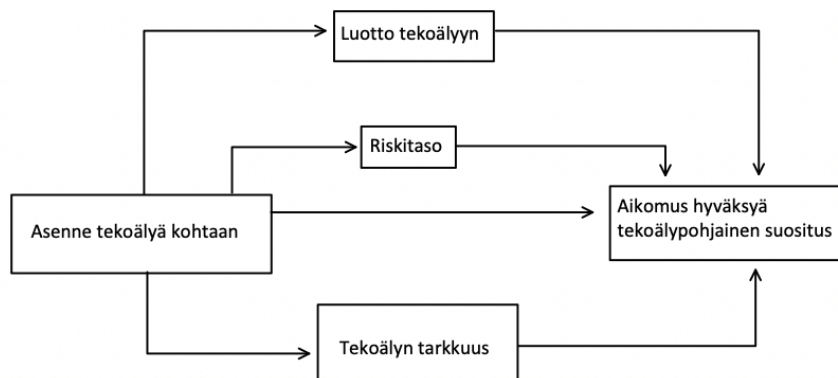


Kuvio 3 TAM-malli yksinkertaistettuna kaaviomuodossa (alkuperäinen kaavio Venkatesh & Davis, 2000)

TAM-malli on yleisesti käytetty malli teknologian hyväksymisen tutkimukseen, vaikka malli ei kuitenkaan ota kaikkia hyväksyntään vaikuttavia ulottuvuuksia huomioon. TAM-mallia on päivitetty alkuperäisen tutkimuksen jälkeen ja TAM2-malli on laajennettu versio alkuperäistä TAM-mallista. TAM2-malliin lisättiin sosiaaliset vaikutukset, kognitiiviset prosessit ja kokemuksen vaikutus. (Venkatesh & Davis, 2000.) Venkatesh et al. (2003) esitteli UTAUT-mallin (engl. unified theory of acceptance and use of technology), jonka tarkoituksena oli yhdistää olemassa olevia useita olemassa olevia malleja. Malli auttaa ymmärtämään, mitkä tekijät vaikuttavat teknologian hyväksyntään ja käyttöön. Mallissa on 4 ratkaisevaa tekijää teknologian hyväksymiseen: suorituskyky, käytön helppous, sosiaalinen vaikutus ja tukevut olosuhteet. UTAUT-malli ottaa huomioon sen, että kokemus, halukkuus, sukupuoli ja ikä saattavat vaikuttaa edellä olevien muuttujien välisiin yhteyksiin. UTAUT- mallia on sittemmin päivitetty ja siihen on lisätty hedonistinen näkökulma, hinta-arvo ja tavat. (Venkatesh et al., 2012.) Erään tutkimuksen mukaan mielletyn hyödyllisyyden ja helppokäyttöisyyden lisäksi mielletty riski, sosiaaliset vaikutteet ja käyttöaikomus vaikuttavat aikomukseen käyttää tekoälyä sijoittamisessa (Atwal & Bryson, 2021). Teknologian hyväksymiseen käytetyt mallit antavat näkökulmia asioille, jotka vaikuttavat uuden

teknologian käyttöönottoon ja siihen mitä asioita rahoituslaitoksien ja palveluntarjoajien olisi syytä ottaa huomioon, kun suunnitellaan tekoälypohjaisia sijoitusneuvoja.

Tekoälypohjaisten sijoitusneuvojen tulee olla luotettavia, jotta niille löytyy käyttäjiä. Tekoälyn luotettavuuteen liittyy käyttäjän asenne tekoälyä ja uutta teknologiaa kohtaan. Luotettavuuteen vaikuttaa myös käyttötarkoitus ja sijoittaako lyhyellä- vai pitkällä aikavälillä. Pitkän aikavälin sijoittamisella tarkoitetaan arvo-osuuksien, kuten osakkeiden ostamista ja niiden pitämistä useiden vuosien ajan (Koo, 2024). Tekoäly on osoittautunut hyödylliseksi pitkän aikavälin sijoitusstrategioiden laatimisessa (El Hajj & Hammoud, 2023). Lyhyellä aikavälillä sijoittavien kohdalla tekoälyn luotetaan useammin, koska siinä korostuu nopeus ja tarkkuus. Ihmisen ja tekoälyn yhteistyöhön luotetaan enemmän kuin pelkän tekoälyn käyttöön. Tekoälyn luotetaan varsinkin numeerisissa asioissa. (Koo, 2024.) Psykologisia mekanismeja tekoälyn antaman neuvon noudattamiseen ei ymmärretä täysin, koska niistä ei ole tarpeeksi tutkimuksia. Riskin määrä vaikuttaa siihen haluaako ottaa neuvoja tekoälyltä. Tarkkaavaisuus korostuu riskin kasvaessa. (Chua et al., 2023.) Aiemmin roboneuvojista kiinnostuneet asiakkaat ovat olleet varakkaita ja tekniikkataitoisia (engl. tech savvy), ja sietäneet riskejä. Sen sijaan pienen varallisuuden ja riskinsietokyvyn omaavat ovat olleet haluttomia roboneuvojen käyttöön. (Jung et al., 2018.)

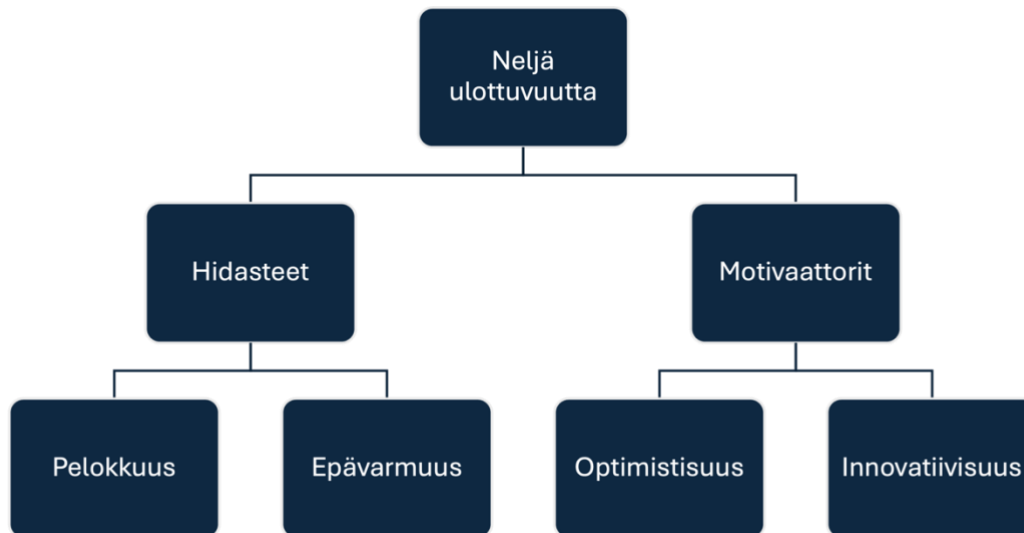


Kuvio 4 Chuan et al. (2023) artikkelissa esitetty kaavio tekoälypohjaisten sijoitusneuvojen hyväksymiseen

Flavián ym. (2022) esittelee neljä ulottuvuutta, jotka vaikuttavat teknologioiden hyväksymiseen. Neljässä ulottuvuudessa on kaksi motivaattoria; optimistisuus ja innovatiivisuus. Epämukavuus ja epävarmuus tai pelokkuus ovat sen sijaan kaksi hidastetta. Artikkelissa teknologisella optimistisuudella tarkoitettiin positiivista näkemystä teknologiasta ja uskomusta sen tuovan hallintaa, joustavuutta ja tehokkuutta elämään. Teknologisella epävarmuudella määritellään

epäluottamuksena teknologiaa kohtaan, joka johtuu skeptisismistä sen kykyyn toimia kunnolla ja huoli käytön haitallisista seurauksista.

Flavián ym. (2022) mukaan teknologinen valmius vaikutti positiivisesti aikomuksiin käyttää roboneuvoja. Sen sijaan innovatiivisuus ei vaikuttanut merkittävästi. Sukupuolella ei ollut merkitystä, vaikka artikkelin mukaan aiempi kirjallisuus viittasi siihen. Sijoituskokemuksella ei myöskään ollut merkitystä. Nuoret ovat valmiimpia käyttämään roboneuvoja vanhempiin verrattuna. Kokeneet sijoittajat ja innovatiiviset miehet ovat tutkimuksen mukaan hyvä kohderyhmä roboneuvojille. Ehdotukset ovat kuitenkin ristiriidassa tutkimuksen löydösten kanssa, koska innovatiivisuus tai sijoituskokemus ei vaikuttanut positiivisesti aikomuksiin ottaa vastaan neuvoja roboneuvojilta. (Flavián et al., 2022.)



Kuvio 5 Flavián et al. artikkelin esittelemä malli, jossa esitetään neljä ulottuvuutta, jotka vaikuttavat teknologian hyväksymiseen

Roboneuvojat ovat järkevä vaihtoehto sijoittajien kohdalla, jotka pelkäävät sijoitushuijauksia. Ne antavat puolueetonta neuvontaa, jolloin eturistiriidat ovat vähäisiä. Sijoitushuijauksia pelkäävät sijoittajat saattavat olla huolissaan ihmisneuvojien eturistiriidoista. Ihmisneuvoja saattaa neuvoa yrityksen tai oman edun mukaisesti. Brennerin & Meyllin (2020) tutkimuksen mukaan roboneuvoja eniten käyttivät nuoret, joiden portfoliot koostuivat ETF-rahastoista. ETF-rahaston tarkoittaa pörssinoteerattua rahastoa, jolla käydään samalla tavalla kauppaa kuin osakkeilla (Nordea, n.d.). Nuorten valmius käyttää roboneuvoja saattaa johtua siitä, että he ovat halukkaampia käyttämään uusia teknologioita ja pienen varallisuuden takia heidän on vaikeaa löytää luotettava ihmisneuvoja. (Brenner & Meyll, 2020.)

Zhang et al. (2021) tutkimuksen mukaan roboneuvojat eivät herätä samanlaista luottamusta kuin kokeneet ihmisneuvojat, vaikka roboneuvojilla on vähemmän eturistiriitoja. Artikkelin mukaan luottamus on tärkeä osa roboneuvojen omaksumiseen. Artikkelin ehdottaa hybridimallia, joissa ihmisen ja roboneuvojan yhdistelmällä voitaisiin vähentää epäluottamusta etenkin vanhojen ihmisten kohdalla. Lisäksi hybridimallin avulla voitaisiin houkutella nuorempia ja pienemmän sijoitusvarallisuuden omaavia sijoittajia. (Zhang et al., 2021.)

Käyttäjien asenne roboneuvoja kohtaan on merkittävin käyttöaikomuksiin vaikuttava tekijä. Palveluntarjoajien tulee suunnitella, millä tavalla he lisäävät luottamusta. Siksi helppokäyttöisen ja hyödyllisen alustan suunnittelu on tärkeää, jotta käyttäjät suhtautuisivat myönteisesti roboneuvojen käyttöön. Jotta roboneuvojen käyttäjien määrä kasvaisi, rahoitusyhtiöiden on kyettävä ratkaisemaan asiakkaiden epäilykset ja parantamaan heidän käsityksiään näistä järjestelmistä. Tätä varten asiakkaille on tiedotettava roboneuvojen käytön hyödyistä ja kannattavuudesta, annettava heille mahdollisuus olla vuorovaikutuksessa roboneuvojan kanssa. (Belanche et al., 2019.)

4 Tekoälyn käytön riskit ja haasteet

4.1 Tekoälyyn liittyvät riskit

Tekoälyn käyttöön liittyy erilaisia riskejä, kuten datan laatu, selitettävyyden puute, yhteensopivuus sääntelyn kanssa, tekoälyn eettisyys, operationaaliset riskit ja tietoturva. Tekoälyn riskien tiedostaminen on oleellinen asia käyttäjille, koska se vaikuttaa heidän halukkuuteensa vastaanottaa tekoälyn antamia sijoitusneuvoja.

Koneoppimisalgoritmit eivät aina ole läpinäkyviä, mikä vaikeuttaa niiden selitettävyyttä. Läpinäkyvyyden puute voi herättää epäilyksiä ja luo riskejä erityisesti aloilla, joilla käsitellään arkaluontoisia tietoja, kuten rahoituslalla. Musta laatikko (engl. black box) tarkoittaa tekoäly- ja koneoppimismalleja, joiden sisäiset päätöksentekoprosessit eivät ole läpinäkyviä. Vaikka nämä mallit kykenevät tekemään tarkkoja ennustuksia, mallien päätöksentekometodit ovat piilotettuja tai ymmärtämättömiä käyttäjilleen ja tekijöilleen. Mikäli tekoälyllä automatisoidaan kriittisiä tehtäviä, ihmisen valvonnan ja hallinnan menetys on mahdollista. (Adadi & Berrada, 2018.) Kun tekoälymallit ovat muodostumassa monimutkaisemmiksi, tulkittavuus on tärkeä asia mallien vankkuuden sekä ihmisen ja tekoälyn yhteistyön kannalta. Tänä päivänä tekoäly ei vielä tarjoa parempia osaketuottojen ennusteita ilman ihmisen apua. (Cao et al., 2024.)

Selitettävä tekoäly (engl. explainable artificial intelligence, XAI) tarkoittaa tekoälyä, joka kykenee tuottamaan yksityiskohtia tai perusteluja toimintansa selventämiseksi tai ymmärrettäväksi tekemiseksi tietyille kohdeyleisölle. Selitettävä tekoäly pyrkii tekemään tekoälyn päätöksentekoprosesseista läpinäkyviä. Selitettävän tekoälyn tutkimuksen päätarkoitukset ovat tutkia järjestelmän selitettävyyttä, tulkittavuutta ja läpinäkyvyyttä. Tekoälymallien selitettavuus on ristiriidassa tarkkuuden ja suorituskyvyn kanssa, ja tehokkaimmat tekoäly-/koneoppimismallit eivät ole helposti selitettäviä. Järjestelmien ymmärrettävyyden parantaminen kuitenkin helpottaa niiden kehitystä, koska silloin on helpompaa jäljittää tekoälyn tekemiä virheitä. (Barredo Arrieta et al., 2020.) Vaikka selitettävä tekoäly on uusi termi, selitettävyyden puute on ilmennyt ongelmana asiantuntijajärjestelmien tutkimuksessa 1970-luvulla. Selitettävää tekoälyä tekoa tarvitaan, jotta tekoälymallien antamia päätöksiä voi kontrolloida, parantaa ja selittää löydöksiä sekä osoittaa oikeaksi. (Adadi & Berrada, 2018.)

Tekoälymallien selitettävyyden lisääminen on teknisesti hyvin vaikeaa, koska modernit koneoppimismallit pystyvät työskentelemään havaintojen perusteella ja luomaan oman kuvan maailmasta. Lineaarista dataa on helppo selittää, mutta datan monimutkaistuuessa selitettavuus

vaikeutuu. Eri tekoäly- ja koneoppimismallien tulkittavuus on haastava ongelma, mutta se ei tarkoita, että kaikilla tekoäly- ja koneoppimismetodeilla on saman tasoinen läpinäkyvyys. Jotkut algoritmit ovat tulkittavampia kuin toiset ja monesti joudutaan tekemään kompromissi suorituskyvyn ja tehokkuuden välillä. (Adadi & Berrada, 2018.)

Tietoturva on merkittävä huoli tekoälyn kohdalla ja esimerkiksi generatiivisen tekoälyn käyttämistä tietoturvahyökkäyksissä ei voi sivuuttaa (Gupta et al., 2023). Guptan et al. (2023) artikkeli esittää erilaisia keinoja, miten esimerkiksi generatiivista tekoälyä, kuten ChatGPT:tä voi huijata ja käyttää tietoturvahyökkäyksien teossa. Artikkelissa esitellään tapoja, jolla voi ohittaa suuren kielimallin (engl. large language model, LLM) rajoitukset saadakseen suuremman hallinnan järjestelmästä. Myös Floridi et al. (2018) huomauttavat potentiaalisesta riskistä sille, että tekoälyä hyödynnetään tietoturvahyökkäyksissä. (Floridi et al., 2018.)

Tekoälyyn pessimistisesti suhtautuvat pelkäävät, että tekoäly tekee tulevaisuudessa kaikki päätökset meidän puolestamme. Valitsee ravintolat ja viinit, ajaa puolestamme autoa ja päättää jopa ydinvoimaloiden hallinnoinnista. Pessimistit ovat myös huolissaan sosiaalisesta tyytymättömyydestä, kun ihmisille tarjolla olevat työt vähenevät ja varallisuuserojen kasvusta tekoälyjen omistajien ja työntekijöiden välillä. Tekoälyn riskit ovat kuitenkin hyvin tiedostettu ja niiden varautumiseen on hyvin aikaa. Sen lisäksi on kiistanalaista lisääkö tekoäly työttömyyttä ja tuloeroja, sillä teollisuuden ja teknologian kehitys on yleensä vähentänyt työttömyyttä. (Makridakis, 2017.)

4.2 Tekoälyn tuomat riskit sijoitusneuvontaan ja varainhoitoon

Rahoituslalla on ehdottomasti noudatettava varovaisuutta, kun luotetaan pelkästään kehittyneisiin tekoälymenetelmiin, sillä ne voivat johtaa ennakoimattomiin ennakkokäsityksiin ja harvinaisiin ongelmiin (Černevičienė & Kabašinskas, 2024). Rahoitusalan sääntelyt tiukentuivat vuoden 2008 finanssikriisin takia. Finanssiteknologia auttaa rahoituslaitoksia niiden noudattamisessa tuomalla läpinäkyvyyttä. (Currie & Seddon, 2022.) Riskien hallinta on erityisen tärkeää rahoituslalla, koska siellä käsitellään ihmisten henkilötietoja ja ollaan tekemisissä asiakkaiden varojen kanssa. Taloudelliset datamassat ovat valtavia, epäjohdonmukaisia ja monimutkaisia, mikä vaikeuttaa datan analysointia. (Cao, 2022.) Datan laatu kannattaa varmistaa jo tekoälyn suunnittelussa, koska huonolaatuinen data altistaa tekoälymallit virheille antaessaan sijoituspäätöksiä. Tekoälymallit ovat alttiita datan vääristelyyn, kuten aiemmissa kappaleissa on mainittu (Hendershott et al., 2021).

Tekoälyn eettisyys on huomioitava, koska koneoppimismallit hyödyntävät historiallista dataa. Ihmiset eivät välttämättä tiedosta, miten dataa kerätään ja mitä dataa kerätään. (Floridi et al., 2018.) Roboneuvojen sijoitusneuvontaan liittyvät eettiset kysymykset voidaan jakaa kolmeen osaan: ensimmäisenä asiakkaiden tietämys ja ymmärrys, kuinka paljon he sietävät riskiä ja tarjoaako roboneuvoja sijoitusneuvontaa riskinsietokyvyn mukaisesti. Asiakkaiden tulee ymmärtää, minkälaisia rahoituspalveluita heille tarjotaan ja mitä riskejä niihin liittyy. Shanmuganathan (2020) tutkimuksessa viitattiin Lewiksen (2018) tutkimukseen, jossa ehdotettiin, että tekoälypohjaista sijoitusneuvontaa tarjoavan palvelun tulisi kertoa tarjottavien tuotteiden riskeistä neuvojen sijaan. Tällä tavoin asiakkaat saavat käsityksen siitä, mitkä ovat heidän rajansa ja sietokykynsä tarjottuja tuotteita kohtaan, ja he voivat paremmin arvioida kyseisiin tuotteisiin liittyviä riskejä. Roboneuvoja on kritisoitu asiakkaiden siitä, että ne profiloivat asiakkaita nettikyselyillä, jotka eivät ota huomioon kaikkia oleellisia taloudellisia informaatioita asiakkaasta. Roboneuvojan sijoitusneuvonta perustuu algoritmeille, jotka ovat johdettu asiakkaan nettikyselyistä. Tässä yhteydessä olisi varmistettava päätöksentekoaikojen loogisuus ja yhteensopivuus. (Shanmuganathan, 2020.)

Syrjinnästä on lukuisia tapauksia, kuten esimerkiksi eräs kasvojentunnistus ohjelma antoi tummaihoisille ihmisille sopimattomilla tunnisteita ja erään teknologiayhtiön ansioluetteloseulontajärjestelmä oli puolueellinen naisia kohtaan. Molempien tapausten taustalla huonolaatuinen data, jota oltiin käytetty tekoälyn opetuksessa (Kaur et al., 2022.) Kyseiset tapaukset korostavat laadukkaan datan tärkeyden tekoälyjä kouluttaessa. Koneoppiminen on niin kehittynyttä, että edes algoritmia luoneet kehittäjät eivät välttämättä ymmärrä niitä täysin. Vaarana on, että algoritmit saattavat tahattomasti luoda ennakkoluuloja, vaikka niin ei olisi ollut tarkoitus tehdä (Lui & Lamb, 2018). Tietoturvalle on myös iso rooli, koska tekoälymallit tarvitsevat henkilötietoja voidakseen antaa yksilöllistä sijoitusneuvontaa. Henkilötietojen käsittelyssä täytyy ottaa huomioon niihin liittyvät tietoturva standardit, kuten esimerkiksi GDPR. Tekoäly on heikosti säännelty finanssialalla. Valtavat datamäärät luovat riskin tietomurroille, jotka voi johtaa petoksiin. (Lui & Lamb, 2018.) Finlex, joka on oikeusministeriön omistama tietokanta oikeudellisista julkaisuista, määrittelee tietomurron tunkeutumisella tietojärjestelmään ilman oikeutusta.

Riippuvuus tekoälyn käytöstä lisää operationaalisia riskejä ultranopeassa kaupankäynnissä, joka voi johtaa mittaviin taloudellisiin menetyksiin (Cao, 2022). Tämä riski on asiakkaan näkökulmasta merkityksellinen, mikäli kauppa käydään lyhyellä aikavälillä tai jos hän omistaa lyhyen aikavälin kauppa käyviä rahastoja.

Tekoälyn käyttöön liittyy myös juridisia riskejä sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa. Tekoälymallien tulee olla läpinäkyviä, reiluja ja vastuuntuntoisia, koska muuten voi syntyä ristiriitoja sääntelyiden kanssa. (Cao, 2022.) Suurin syy nykyisin saatavilla olevia rahoitusneuvontapalveluja kohtaan esitettyyn kritiikkiin on roboneuvojen tarjoamien palvelujen avoimuuden ja ymmärrettävyyden puute (Shanmuganathan, 2020).

Päätöksentekoalgoritmien tutkiminen on haastavaa, ja asiakkaiden voi olla vaikea ymmärtää, mihin tekoälyn antamat neuvot perustuvat. Koneoppimismallien tekemien virheiden etsiminen ja ns. mustan laatikon avaaminen voi olla myös vaikeaa (Ashta & Herrmann, 2021). Jos tekoäly antaa virheellisiä neuvoja, vastuun jakautuminen on epäselvää. (Lui & Lamb, 2018.) Erään tutkimuksen mukaan Yhdysvalloissa roboneuvojen antamien huonojen neuvojen seuraukset ovat asiakkaan vastuulla eikä roboneuvontaa tarjoaman yrityksen vastuulla (Faloon & Scherer, 2017). Yrityksien osalta roboneuvojen käyttöönotto varainhoitoon altistaa asiakkaat taloudellisille riskeille, jolloin ne saattavat joutua ottamaan vastuun algoritmien tekemistä virheistä. Yritykset eivät välttämättä ole immuuneja vastuunottoon roboneuvojen tekemistä virheistä. (Lee & Shin, 2018.)

Yksilöiden on ymmärrettävä, miten tekoäly toimii. Tämä tarve johtuu huolenaiheista, jotka liittyvät puolueellisuuteen, säännösten ja määräysten noudattamiseen sekä kehittäjien kykyyn ymmärtää tekoälyjärjestelmiä (Černevičienė & Kabašinskas, 2024). Ihmiset ja laki usein haluavat ja tarvitsevat vastaukset kysymyksiin, että miksi ja miten jokin asia on tapahtunut (Deeks, 2019). Vaikka roboneuvojen ydinasioiden jonkinasteinen sääntelyvalvonta on tarpeellista perustaitojen ja rehellisyyden varmistamiseksi, on riski, että sääntelyvalvonta heikkenee aiemmin menestyneiden voimakkaiden rahoituspalveluyritysten painostuksen vuoksi. Vaikka selkeät säännökset ovat välttämättömiä, liiallinen sääntely voi sen sijaan vähentää innovointia, koska markkinoille pääsy olisi liian hankalaa. (Baker & Dellaert, 2017.)

Tekoälymallien käyttöönottoon liittyy kysymys ihmisneuvojen roolista sijoitusneuvonnan tulevaisuudessa. Tekoälymallien avulla pystytään automatisoimaan monia rutiinitehtäviä ja siten vähentämään niistä syntyviä kuluja. Kuitenkin ihmisen arvostelukykyä tarvitaan vaativien taloudellisten päätöksien tekoon, varsinkin jos päätöksentekoprosessissa täytyy huomioida eettisiä tekijöitä ja asiakkaan tarpeita. Ihmisillä on edelleen tärkeä rooli, koska roboneuvojat eivät pysty tarjoamaan inhimillistä arvostelukykyä tai reaaliaikaista arvostelukykyä (Lui & Lamb, 2018).

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkielmassa selvitettiin tekoälyn roolia sijoitusneuvonnassa ja varainhoidossa. Tekoälypohjaisten sijoitusneuvontapalveluiden, kuten roboneuvojen, suosio on kasvanut merkittävästi finanssialalla viime vuosien aikana. Ne tarjoavat kustannustehokkaita ja käyttäjäystävällisiä ratkaisuja, joiden avulla sijoitusneuvonta voidaan tuoda aiempaa laajemmalle käyttäjäjoukolle erityisesti niille, joiden varallisuus ei riitä ihmisneuvojiin. Tämä tutkielma selvitti tekoälypohjaisten sijoitusneuvontapalveluiden suorituskykyä sekä niihin liittyviä riskejä ja haasteita kirjallisuuskatsauksen avulla.

Ensimmäinen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli tutkia tekoälypohjaisten sijoitusneuvojen suoriutuvuutta. Roboneuvojen suoriutumisesta on ristiriitaisia näkemyksiä. Kuitenkin kirjallisuuden perusteella roboneuvojat auttoivat käyttäjiään portfolioiden hajauttamisessa lisäämällä hajautusta yleisesti, maantieteellistä hajautusta ja varallisuuslajien määrää. Roboneuvojen etuina ovat tehokkuus, ajansäästö ja alhaiset kustannukset verrattuna perinteiseen sijoitusneuvontaan. Roboneuvojista hyötyvät erityisesti sijoittajat, joiden portfoliot ovat alihajautettu. Roboneuvojat tasapuolistavat mahdollisuuksia saada sijoitusneuvontaa, koska niiden antama neuvonta on halvempia ihmisneuvojiin verrattuna. Ihmisneuvoja tarjotaan tyypillisesti vain asiakkaille, joiden varallisuus ylittää tietyt, ennalta määritetyt, rajat. Täten ihmisten antamaa sijoitusneuvontaa ei ole tarjolla kaikille. Sen lisäksi roboneuvojat voivat madaltaa kynnystä sijoittamisen aloittamiseen erityisesti vähemmän varakkaille ja kouluttautuneille käyttäjille sekä myös nuorille.

Asenne uuteen teknologiaan vaikuttaa halukkuuteen vastaanottaa neuvoja tekoälyltä. Tietojärjestelmätieteen tutkimuksessa on tutkittu uuden teknologian hyväksymiseen vaikuttavia asioita ja tässä tutkielmassa esitellään esimerkiksi TAM-, TAM2-mallit ja UTAUT-malli. Useat asiat, kuten esimerkiksi optimismisuus, innovatiivisuus, epämukavuus ja pelokkuus uutta teknologiaa kohtaan, vaikuttavat valmiuteen käyttämään esimerkiksi roboneuvoja. Sen lisäksi uuden teknologian helppokäyttöisyys ja koettu hyödyllisyys ovat hyväksymiseen vaikuttavia asioita. Teknologian hyväksymismallien esittämät asiat pätevät monilta osin siihen, ketkä ovat valmiita käyttämään roboneuvoja. Esimerkiksi asenne tekoälyyn ja ikä vaikuttaa valmiuteen käyttää roboneuvoja.

Toinen tutkimuskysymys käsitteli tekoälypohjaisten sovellusten käytön riskejä sijoitusneuvonnassa. Tekoälypohjaiseen sijoitusneuvontaan ja varainhoitoon liittyy myös merkittäviä haasteita ja riskejä.

Yleisesti tekoälyyn liittyy useita riskejä ja nämä riskit ovat myös oleellisia rahoituslalla, jonka sääntely on tiukentunut vuoden 2008 finanssikriisin jälkeen. Näitä ovat muun muassa päätöksentekoprosessien läpinäkyvyyden puute, tietoturvaan ja henkilötietojen suojaan liittyvät ongelmat sekä tekoälyn mahdollinen puolueellisuus ja virheelliset päätökset. Vastuunjako on epävarmaa, mikäli tekoäly tekee huonoja päätöksiä. Kirjallisuudessa on eriäviä mielipiteitä, kuuluuko vastuu esimerkiksi roboneuvojen huonoista sijoituspäätöksistä asiakkaalle vai yritykselle. Sääntelyn puute tekoälyn käytössä finanssialalla voi lisätä epäluottamusta ja vähentää teknologian hyväksyttävyyttä. Selittävyiden puute voi tuoda ongelmia sekä asiakkaille että yrityksille, koska päätöksentekoa algoritmiin ymmärtäminen ei ole helppoa. Huonojen päätösten selittäminen voi olla hankalaa tilanteissa, jossa roboneuvoja on tehnyt huonoja ratkaisuja tai antanut huonoja neuvoja.

Johtopäätöksinä voidaan todeta, että roboneuvojat tarjoavat merkittäviä mahdollisuuksia sijoitusneuvonnan demokratisoimisessa ja kustannustehokkuuden parantamisessa. Roboneuvojen avulla sijoitusneuvontaa voidaan tarjota suuremmalle yleisölle. Sijoitusneuvonnan saavutettavuuden myötä palveluntarjoajat voivat kasvattaa asiakasmääriä. Niiden laajamittainen käyttö edellyttää kuitenkin käyttäjien luottamuksen lisäämistä, mikä voidaan saavuttaa läpinäkyvyyden parantamisella ja hybridimallien, eli yhdistämällä tekoälyn ja ihmisten asiantuntemuksen. Ihmisen asiantuntemusta tarvitaan edelleen institutionaalisen tiedon analysointiin. Hybridimallien avulla ihminen voi korjata tekoälyn virheitä ja toisten päin. Sen lisäksi, hybridimallien avulla voidaan yhdistää ihmisen ja tekoälyn hyvät puolet.

Jatkotutkimusta tarvitaan erityisesti seuraavilla osa-alueilla:

- Tekoälyn eettiset kysymykset ja mahdollisuudet vähentää algoritmiin puolueellisuutta.
- Sääntelyn kehitys ja vastuun kohdistuminen tekoälyn tekemistä virheistä
- Käyttäjien luottamusta lisäävät strategiat, erityisesti riskialttiissa sijoitusskenaarioissa.
- Roboneuvoja vs. kokenut sijoittaja pitkällä aikavälillä
- Tekoälyn käyttö eläkevarojen varainhoidossa

Yhteenvedon voidaan todeta, että tekoälyllä on potentiaalia muuttaa sijoitusneuvonnan toimintatapoja merkittävästi, mutta sen täysimittainen hyödyntäminen vaatii teknologian ja ihmisen yhteistyötä sekä sääntelykehikön selkeyttämistä.

Lähteet

- Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI). *IEEE Access*, 6, 52138–52160. IEEE Access.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052>
- Ashta, A., & Herrmann, H. (2021). Artificial intelligence and fintech: An overview of opportunities and risks for banking, investments, and microfinance. *Strategic Change*, 30(3), 211–222.
<https://doi.org/10.1002/jsc.2404>
- Atwal, G., & Bryson, D. (2021). Antecedents of intention to adopt artificial intelligence services by consumers in personal financial investing. *Strategic Change*, 30(3), 293–298.
<https://doi.org/10.1002/jsc.2412>
- Baker, T., & Dellaert, B. (2017). Regulating Robo Advice across the Financial Services Industry Essay. *Iowa Law Review*, 103(2), 713–750.
- Barile, D., Secundo, G., & Bussoli, C. (2024). Exploring artificial intelligence robo-advisor in banking industry: A platform model. *Management Decision*, ahead-of-print(ahead-of-print).
<https://doi.org/10.1108/MD-08-2023-1324>
- Barredo Arrieta, A., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., Garcia, S., Gil-Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82–115.
<https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>
- Belanche, D., Casaló, L. V., & Flavián, C. (2019). Artificial Intelligence in FinTech: Understanding robo-advisors adoption among customers. *Industrial Management & Data Systems*, 119(7), 1411–1430. <https://doi.org/10.1108/IMDS-08-2018-0368>
- Brenner, L., & Meyll, T. (2020). Robo-advisors: A substitute for human financial advice? *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 25, 100275.
<https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100275>
- Bunnell, L., Osei-Bryson, K.-M., & Yoon, V. Y. (2020). FinPathlight: Framework for an multiagent recommender system designed to increase consumer financial capability. *Decision Support Systems*, 134, 113306. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113306>
- Cao, L. (2022). AI in Finance: Challenges, Techniques, and Opportunities. *ACM Computing Surveys*, 55(3). Scopus. <https://doi.org/10.1145/3502289>

- Cao, S., Jiang, W., Wang, J., & Yang, B. (2024). From Man vs. Machine to Man + Machine: The art and AI of stock analyses. *Journal of Financial Economics*, *160*, 103910. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2024.103910>
- Černevičienė, J., & Kabašinskas, A. (2024). Explainable artificial intelligence (XAI) in finance: A systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, *57*(8), 216. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10854-8>
- Chua, A. Y. K., Pal, A., & Banerjee, S. (2023). AI-enabled investment advice: Will users buy it? *Computers in Human Behavior*, *138*, 107481. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107481>
- Currie, W. L., & Seddon, J. J. (2022). Exploring technological instantiation of regulatory practices in entangled financial markets. *Journal of Information Technology*, *37*(1), 31–50. <https://doi.org/10.1177/02683962211027308>
- D'Acunto, F., Prabhala, N., & Rossi, A. G. (2019). The Promises and Pitfalls of Robo-Advising. *Review of Financial Studies*, *32*(5), 1983–2020. Scopus. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz014>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Deeks, A. (2019). The Judicial Demand for Explainable Artificial Intelligence. *Columbia Law Review*, *119*(7), 1829–1850.
- D'Hondt, C., De Winne, R., Ghysels, E., & Raymond, S. (2020). Artificial Intelligence Alter Egos: Who might benefit from robo-investing? *Journal of Empirical Finance*, *59*, 278–299. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2020.10.002>
- Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, *48*, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>
- El Hajj, M., & Hammoud, J. (2023). Unveiling the Influence of Artificial Intelligence and Machine Learning on Financial Markets: A Comprehensive Analysis of AI Applications in Trading, Risk Management, and Financial Operations. *Journal of Risk and Financial Management*, *16*(10), 434. <https://doi.org/10.3390/jrfm16100434>
- Faloon, M., & Scherer, B. (2017). Individualization of Robo-Advice. *The Journal of Wealth Management*, *20*(1), 30–36. <https://doi.org/10.3905/jwm.2017.20.1.030>
- Flavián, C., Pérez-Rueda, A., Belanche, D., & Casaló, L. V. (2022). Intention to use analytical artificial intelligence (AI) in services – the effect of technology readiness and awareness. *Journal of Service Management*, *33*(2), 293–320. Scopus. <https://doi.org/10.1108/JOSM-10-2020-0378>

- Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., & Vayena, E. (2018). AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Goodell, J. W., Kumar, S., Lim, W. M., & Pattnaik, D. (2021). Artificial intelligence and machine learning in finance: Identifying foundations, themes, and research clusters from bibliometric analysis. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 32, 100577. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100577>
- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International Journal of Human-Computer Studies*, 43(5), 907–928. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1995.1081>
- Gupta, M., Akiri, C., Aryal, K., Parker, E., & Praharaj, L. (2023). From ChatGPT to ThreatGPT: Impact of Generative AI in Cybersecurity and Privacy. *IEEE Access*, 11, 80218–80245. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3300381>
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14. Scopus. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Hendershott, T., Zhang, X., Leon Zhao, J., & Zheng, Z. (2021). Fintech as a game changer: Overview of research frontiers. *Information Systems Research*, 32(1), 1–17. Scopus. <https://doi.org/10.1287/isre.2021.0997>
- Hughes, L., Seddon, J. J., & Dwivedi, Y. K. (2023). Disruptive change within financial technology: A methodological analysis of digital transformation challenges. *Journal of Information Technology*, 02683962231219512. <https://doi.org/10.1177/02683962231219512>
- Jung, D., Dorner, V., Weinhardt, C., & Puzmaz, H. (2018). Designing a robo-advisor for risk-averse, low-budget consumers. *Electronic Markets*, 28(3), 367–380. <https://doi.org/10.1007/s12525-017-0279-9>
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who’s the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- Kaur, D., Uslu, S., Rittichier, K. J., & Durresi, A. (2022). Trustworthy Artificial Intelligence: A Review. *ACM Comput. Surv.*, 55(2), 39:1-39:38. <https://doi.org/10.1145/3491209>
- Koo, J. (2024). AI is not careful: Approach to the stock market and preference for AI advisor. *International Journal of Bank Marketing*. <https://doi.org/10.1108/IJBM-10-2023-0568>

- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, *521*(7553), 436–444.
<https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lee, I., & Shin, Y. J. (2018). Fintech: Ecosystem, business models, investment decisions, and challenges. *Business Horizons*, *61*(1), 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.09.003>
- Linnainmaa, J. T., Melzer, B. T., & Previtero, A. (2021). The Misguided Beliefs of Financial Advisors. *The Journal of Finance*, *76*(2), 587–621. <https://doi.org/10.1111/jofi.12995>
- Lui, A., & Lamb, G. W. (2018). Artificial intelligence and augmented intelligence collaboration: Regaining trust and confidence in the financial sector. *Information and Communications Technology Law*, *27*(3), 267–283. Scopus. <https://doi.org/10.1080/13600834.2018.1488659>
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, *90*, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>
- Mikalef, P., & Gupta, M. (2021). Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. *Information & Management*, *58*(3), 103434.
<https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103434>
- Nordea. (n.d.). *ETF-sijoittaminen ja ETF-rahastot*. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.nordea.fi/henkiloasiakkaat/palvelumme/saastaminen-sijoittaminen/etf-rahastot.html>
- Phoon, K., & Koh, F. (2017). Robo-Advisors and Wealth Management. *The Journal of Alternative Investments*, *20*(3), 79–94. <https://doi.org/10.3905/jai.2018.20.3.079>
- Reher, M., & Sokolinski, S. (2024). Robo advisors and access to wealth management. *Journal of Financial Economics*, *155*, 103829. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2024.103829>
- Robo-Advisors—Worldwide | Statista Market Forecast*. (n.d.). Statista. Retrieved November 10, 2024, from <https://www.statista.com/outlook/fmo/wealth-management/digital-investment/robo-advisors/worldwide>
- Rossi, A. G., & Utkus, S. (2024). The diversification and welfare effects of robo-advising. *Journal of Financial Economics*, *157*, 103869. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2024.103869>
- Shanmuganathan, M. (2020). Behavioural finance in an era of artificial intelligence: *Longitudinal case study of robo-advisors in investment decisions*. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, *27*, 100297. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100297>
- Sharpe, W. F. (1994). The Sharpe Ratio. *The Journal of Portfolio Management*, *21*(1), 49–58.
<https://doi.org/10.3905/jpm.1994.409501>

- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., L. Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157–178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
<https://doi.org/10.2307/30036540>
- Zhang, L., Pentina, I., & Fan, Y. (2021). Who do you choose? Comparing perceptions of human vs robo-advisor in the context of financial services. *The Journal of Services Marketing*, 35(5), 634–646. <https://doi.org/10.1108/JSM-05-2020-0162>