

Jesse Koskela

Kohti älykkäitä ja automatisoituja kimppakyytialustoja

Tietotekniikan kandidaatintutkielma

19. joulukuuta 2024

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

Tekijä: Jesse Koskela

Yhteystiedot: jesse.s.koskela@student.jyu.fi

Työn nimi: Kohti älykkäitä ja automatisoituja kimppakyytialustoja

Title in English: Towards smart and automatized carpooling platforms

Työ: Kandidaatintutkielma

Sivumäärä: 25+0

Tiivistelmä: Tämä kandidaatintutkielma esittelee laaja-alaisesti kimppakyytitoiminnan taustaa, käsitteitä ja terminologiaa. Tutkielmassa käsitellään organisoitua kimppakyytitoimintaa kimppakyytialustojen näkökulmasta, ja käydään läpi alustojen nykytilaa ja niihin liittyviä haasteita. Tutkielmassa esitellään myös älykkäitä ominaisuuksia, joilla kimppakyytialustojen toimintaa ja hyödyllisyyttä voidaan tehostaa.

Avainsanat: Organisoitu kimppakyyti, Älykäs kimppakyytialusta, Dynaaminen kimppakyyti, Jakamistalous

Abstract: This bachelor's thesis explores broadly the background, concepts and terminology of carpooling. The thesis discusses organized carpooling from the perspective of carpooling platforms, and reviews the current state of the platforms and the related challenges. The thesis also presents some smart features that can boost the efficiency and usefulness of carpooling platforms.

Keywords: Carpooling, Ridesharing, Dynamic Carpooling, Smart Carpooling, P2P-carpooling

Kuviot

Kuvio 1. Esimerkki kimppakyytialustan hakuominaisuuden käyttöliittymästä 8

Taulukot

Taulukko 1. Kimppakyytireitin kategorisointi ja hakustrategiat 8

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	KIMPPAKYYDIN TAUSTA JA TERMISTÖ	2
3	KIMPPAKYYDIN NYKYTILANNE	4
3.1	Kimppakyyti maailmalla ja Suomessa	5
3.2	Tutkimuskysymys, -menetelmät ja akateeminen tausta	6
4	ÄLYKKÄÄT KIMPPAKYYTIALUSTAT	7
4.1	Matkahaku- ja hallinta	7
4.1.1	Identtinen kimppakyyti	8
4.1.2	Sisältyvä kimppakyyti ja osamatkahaku	9
4.1.3	Poikkeava kimppakyyti ja kiertotiehaku	9
4.1.4	Osittainen kimppakyyti ja jatkoyhteyshaku	10
4.2	Reitinseuranta	10
4.3	Kulunjako	11
4.4	Optimointi	11
5	KIMPPAKYYDIN TULEVAISUUS	14
6	YHTEENVETO	16
	LÄHTEET	17

1 Johdanto

Kimppakyydin suosio ja mahdollisuudet ovat kasvaneet digitaalisuuden, sosiaalisen median ja kommunikaatioteknologian kehittymisen myötä (Agatz ym. 2012). Suurin osa nykyisistä kimppakyytialustoista perustuu kuitenkin yksinkertaiseen ilmoitustaulutyypiseen järjestelmään. Annettuihin matkapyyntöihin ei usein löydy vastausta, ja käyttäjät joutuvat etsimään matkaseuraa hakutoimintoja käyttäen (Teubner ja Flath 2015). Kielteiset kokemukset kimppakyydin hankaluudesta ja epäluotettavuudesta heikentävät kimppakyydin laajempaa käyttöä (Lazarus ym. 2021).

Älykkäässä kimppakyytialustassa kuljettajien ja matkustajien rutiinitehtävät, kuten matkojen etsiminen, reititys sekä maksutapahtumat, on tehostettu algoritmeilla ja älykkäillä ominaisuuksilla, jotka paikoin automatisoivat tehtävät lähes täysin (Zafar ym. 2022; Pukhovskiy ja Lepshokov 2011). Älykkään kimppakyydin konsepti ja potentiaali on kuitenkin edelleen huonosti tunnettu. Käyttökitkan vähentäminen on kyytien ilmoitus- ja hakuvaiheessa olennaista, sillä riittävän suuri käyttäjämäärä on kimppakyytialustojen toimivuuden kannalta olennaista (Pinto ym. 2019; Graziotin 2013).

Kriittisen käyttäjämässän saavuttamisen lisäksi kimppakyytialustan toteuttamiseen liittyy sosiaalisia ja teknisiä haasteita (Graziotin 2013). Onnistuessaan älykäs kimppakyytialusta voi matkakulujen vähentämisen lisäksi pienentää ympäristökuormitusta ja ruuhkaa. Kimppakyyti voi myös parantaa vähävaraisten liikkuvuutta alueilla, joissa julkisen liikenteen kattavuus on vähäistä (Aguiléra ja Pigalle 2021; Eckhardt ym. 2018).

Tutkielma käsittelee kimppakyytialustojen eri osa-alueita ja alustoja tehostavia älykkäitä ominaisuuksia. Tutkielman tarkoituksena on myös kartoittaa kimppakyydin nykytilannetta ja tulevaisuuden näkymiä, ja inspiroida osallistumaan kimppakyytiratkaisujen kehittämiseen. Luvussa 2 käsitellään kimppakyydin taustaa ja terminologiaa. Luku 3 käsittelee kimppakyydin nykytilannetta. Älykkäiden kimppakyytialustojen ominaisuuksiin keskitytään tarkemmin luvussa 4. Kimppakyydin tulevaisuutta ja jatkotutkimusta käsitellään ennen yhteenvetoa luvussa 5.

2 Kimppakyydin tausta ja termistö

Kimppakyyti (engl. *carpooling*) on yksityisautojen yhteiskäyttöä pääasiassa matkustuskulujen vähentämiseksi. Kimppakyydit voidaan laskea osaksi jakamistalouden laajempaa ilmiötä. Tavallisesti kimppakyydin nähdään tarkoittavan toistuvien matkojen jakamista läheisten, työkavereiden tai muiden tuttujen kanssa. Vieraiden ihmisten kuljettaminen puolestaan liitetään liftaamiseen, jossa kyydin tarjoaminen on spontaania ja matka liftaajalle maksuton. Organisoitua kimppakyytiä voidaan ajatella näiden kahden käsitteen fuusiona — Vieraiden ihmisten kyyditys sovitaan etukäteen, ja he myös osallistuvat matkan kuluihin (Furuhata ym. 2013).

Matkojen sopiminen vieraiden ihmisten kesken onnistuu tehokkaimmin sille erikoistuneella alustalla. Organisoitussa kimppakyydissä erilaiset kimppakyytialustat ja -palvelut tarjoavat matkan osapuolille muun muassa mahdollisuuden matkojen yhteensovittamiseen (engl. *ride-matching*). Organisoitu kimppakyyti on käsitteenä vanha, sillä sitä kokeiltiin ensimmäisen kerran jo toisen maailmansodan aikaan Yhdysvalloissa keinona polttoaineen ja renkaiden sääntelyyn kimppakyyti-klubien muodossa (Furuhata ym. 2013; Ting ym. 2021; Lazarus ym. 2021). Organisoitu kimppakyyti ei kuitenkaan ole levinnyt laaja-alaiseksi toiminnaksi.

Kimppakyyti-termin läheisimmät käännökset *carpooling* ja *ridesharing* ovat akateemisessa kirjallisuudessa käytössä epäjohdonmukaisesti, eikä termeille ole universaaleja määritelmiä. *Ridesharing* terminä painottuu enemmän kaupalliseen toimintaan (Mitropoulos, Kortsari ja Ayfantopoulou 2021; Zafar ym. 2022). Myös tässä tutkielmassa termi *ridesharing* määritellään *kyytipalveluksi*, jossa alusta, kuten *Uber* tai *Bolt*, tarjoaa matkustajille kuljettajia, joiden tarkoitus on tehdä taloudellista voittoa taksitoimintatyyppisesti (Ofori ym. 2021). Termi *carpooling* vastaa tämän tutkielman kontekstissa parhaiten suomenkielistä termiä kimppakyyti.

Näiden kahden termin lisäksi kirjallisuudessa käytetään epäjohdonmukaisesti muitakin sanoja ja käsitteitä, joiden merkitykset ovat osittain päällekkäisiä, ja jotka pyrkivät painottamaan jotain tiettyä ominaisuutta tai näkökulmaa. *Ride-hailing* ja *ridesourcing* -termeillä käsitellään yleensä kyytipalvelua, jossa kyyti etsitään mobiilisovelluksen tai online-palvelun avulla. Vertaiskimppakyydillä (engl. *P2P-ridesharing*) korostetaan yksityisten autojen käyttöä ja

matkojen toistumattomuutta (Martins ym. [2021](#); Tafreshian, Masoud ja Yin [2020](#)).

Dynaamisessa tai reaaliaikaisessa kimppakyydissä (engl. *dynamic/real-time carpooling*) kyyti voidaan varata hyvin lyhyellä varoitusaikalla, jopa tien reunasta. Vastaavasti staattisessa kimppakyydissä matkat sovitaan ennakkoon, ja kaikki reittiin liittyvä informaatio on tiedossa ennen matkaa (Zhou, Roncoli ja Sipetas [2023](#); Martins ym. [2021](#); Ouyang, Yang ja Daganzo [2021](#)). Myös dynaamisuuden ja staattisuuden jaottelussa on havaittavissa epäjohdonmukaisuutta ja vaihtelua. Tässä tutkielmassa kimppakyydin dynaamisuus määritellään mahdollisuudeksi hakea ja lähettää kyytipyyntöjä jo alkaneille kimppakyytimatkoille.

Älykäs kimppakyyti on termeistä kaikkein epämääräisin. Termillä voidaan korostaa alustan automaatiota ja itsenäistä toimintaa, ja se toimii yleensä markkinointisanana korostaen alustan eroavaisuuksia muihin vaihtoehtoihin. Kimppakyytialustoista muutama profiloituu älykkäänä — Tästä esimerkkinä saksalainen *Twogo* ja ranskalainen *Karos* (Adelé ja Dionisio [2020](#); Janasz ja Schneidewind [2017](#)). Dynaamisen kimppakyydin voidaan sanoa olevan yksi esimerkki kimppakyytialustan älykkäästä ominaisuudesta (Anthopoulos ja Tzimos [2021](#)).

3 Kimppakyydin nykytilanne

Trafin tutkimuksen mukaan kaikista kotimaanmatkoista 62 % tehtiin henkilöautoilla, joiden käyttöaste oli keskimäärin noin 1,5 henkilöä per ajoneuvo (Trafi [2024](#)). Samanlainen käyttöaste on havaittu ympäri Eurooppaa (Aydin, Gokasar ja Kalan [2020](#)). Kimppakyytitoiminnan todellinen potentiaali on edelleen saavuttamatta puutteellisten kimppakyytialustojen ja kimppakyytitoimintaan kohdistuvien asenteiden takia. Ihmisistä suuri osa ei ole tietoinen älykkään kimppakyytialustan konseptista ja sen tarjoamista mahdollisuuksista (Zafar ym. [2022](#)).

Kimppakyytialustajan käyttäjät voidaan jakaa kahteen ryhmään — matkustajiin ja kuljettajiin. Molemmilla osapuolilla on hieman erilaiset mieltymykset ja motivaatiot osallistua kimppakyytitoimintaan, ja molempien riittävä osallistuminen on alustan toiminnan kannalta olennaista. Kriittisen käyttäjämässän puutteen ja käyttöhankaluuden lisäksi kimppakyydin muihin ongelmiin koetaan kyytien luotettavuus, kohtaauspaikkojen koordinointi ja yksityisyysuolet (Graziotin [2013](#); Mallus ym. [2017](#)).

Kimppakyytialustan hyöty ja teho muodostuu sen käyttäjämäärästä ja alustan ominaisuuksista. Erilaiset älykkäät ominaisuudet ja algoritmit voivat paikata puutteellista käyttäjämäärää, ja vastaavasti suuri käyttäjämäärä voi kompensoida alustan puutteita. Esimerkiksi yksinkertainen algoritmi matkojen yhteensovittamiseen voi olla riittävä, jos erilaisia matkoja ilmoitetaan ja haetaan riittävästi.

Älykkään kimppakyytialustan onnistuneeseen toteuttamiseen on kaksi lähestymistapaa. Ensimmäinen lähestymistapa on aloittaa käyttäjien suhteen tyhjistä ja toivoa, että kriittinen käyttäjämäärä saavutetaan sujuvalla käyttökokemuksella, alustaa tehostavilla älykkäillä algoritmeilla ja mahdollisesti erilaisilla taloudellisilla kannustimilla. Toinen tapa on parantaa ja kehittää jo olemassaolevaa suosittua alustaa tehokkaammaksi ominaisuus kerrallaan (Evans ja Schmalensee [2010](#); Žak, Hojda ja Filcek [2019](#)).

3.1 Kimppakyyti maailmalla ja Suomessa

Erilaisia kimppakyytialustoja ja -sovelluksia on aktiivisessa käytössä maailmanlaajuisesti. Yhdysvalloissa suosituin kimppakyytialusta on tällä hetkellä *Scoop*, jonka mobiilisovelluksella oli Googlen sovelluskaupassa noin 200 000 käyttäjää tutkielman kirjoittamisen aikana. Tätä ennen suosituimman kimppakyytisovelluksen kärkipaikkaa piti Googlen omistama *Waze Carpool*, joka päätti sulki palvelunsa vuonna 2022 etätyön lisääntymisen ja työmatkatarpeiden vähentymisen vuoksi (Malik [2022](#)). Näistä molemmat kuitenkin olivat tai ovat käyttäjämääriltään vain murto-osa kyytipalveluihin verrattuna. Kyytipalvelujen suhteellista suosiota selittää matkojen parempi saatavuus ja joustavuus, vaikka ne ovatkin kimppakyytimatkoja hintavampia (Ouyang, Yang ja Daganzo [2021](#)).

Muita maakohtaisia kimppakyytialustoja on lukuisia — Kiinassa *DiDi Hitch*, Japanissa *not-teco*, Kanadassa *Poparide*, Meksikossa *Aventones* ja Saksassa *Mitfahrgelegenheit*. Näistä kaksi jälkimmäistä yhdistyivät myöhemmin osaksi *BlaBlaCar*-alustaa, joka on nykyisistä kimppakyytialustoista kaikkein suurin. Ranskasta lähtöisin olevalla alustalla on yli 100 miljoonaa käyttäjää, ja se räätälöi toimintaansa maakohtaisen sijaintinsa perusteella ottaen huomioon paikalliset säännökset ja muut yksityiskohdat (Saxena, Muzellec ja Trabucchi [2020](#)). Kimppakyytisovellusten ala muuttuu jatkuvasti, mikä luo haasteita ajantasaisen nykytilanteen kartoittamiseen.

Suomi harvaan asuttuna maana pitkine välimatkoineen hyötyisi erityisesti laajamittaisesta kimppakyydin käyttöönotosta (Eckhardt ym. [2018](#)). Suomen kontekstissa organisoitu kimppakyytitoiminta rajoittuu yksinkertaisten alustojen käyttöön. Näistä suosituimmat ovat lukuisat *Facebook*-ryhmät, joissa kimppakyydin eri osapuolet ilmoittavat matkojensa lähtö- ja määränpääkaupungit yleensä päivämäärän tarkkuudella. Vanhentuneet ilmoitukset eivät automaattisesti poistu, eikä alustoilta voi etsiä matkoja millään edistyneellä tavalla. Käytössä on myös muita verkkopalveluita, kuten *kyydit.net* ja *kimppakyydit.com*, jotka toimivat samankaltaisella yksinkertaisilla ilmoitustaulumekanismilla, mutta jotka lisäksi mahdollistavat toistuvien matkojen mainostamisen.

3.2 Tutkimuskysymys, -menetelmät ja akateeminen tausta

Tutkielma käsittelee kimppakyytialustojen eri osa-alueita ja potentiaalisia alustaa tehostavia älykkäitä ominaisuuksia ja algoritmeja. Erilaisten hakutermien palauttamista hakutuloksista valitaan ne, jotka osuvat aiheeseen parhaiten, ja joita on viitattu eniten. Aihepiiriä tutkitaan myös tutkimuskirjallisuuden ulkopuolella selaamalla aihepiiriin liittyviä keskustelupalstoja ja uutisartikkeleita. Hakutulosten organisointiin ja prosessointiin käytetään artikkelitietokantaa.

Kimppakyydin ja kyytipalveluiden akateeminen kirjallisuus on keskittynyt pääasiassa toiminnan optimointiin ja dynaamiseen hinnoitteluun, varsinkin kyytipalvelualustojen osalta. Korostunutta huomiota kyytipalveluihin selittää mahdollisen optimoinnin taloudelliset vaikutukset, sillä tehokas optimointi voi tuoda kyytipalvelualustalle merkittäviä lisätuloja. Matkustajien edut ja taloudellinen hyöty on sen sijaan yleensä toissijainen asia. Kimppakyytialustojen optimointi ja tutkimus on jäänyt vähemmälle huomiolle, mutta iso osa kyytipalveluita käsittelevästä tutkimuksesta on suoraan tai osittain sovellettavissa kimppakyytiin (Mitropoulos, Kortsari ja Ayfantopoulou [2021](#)).

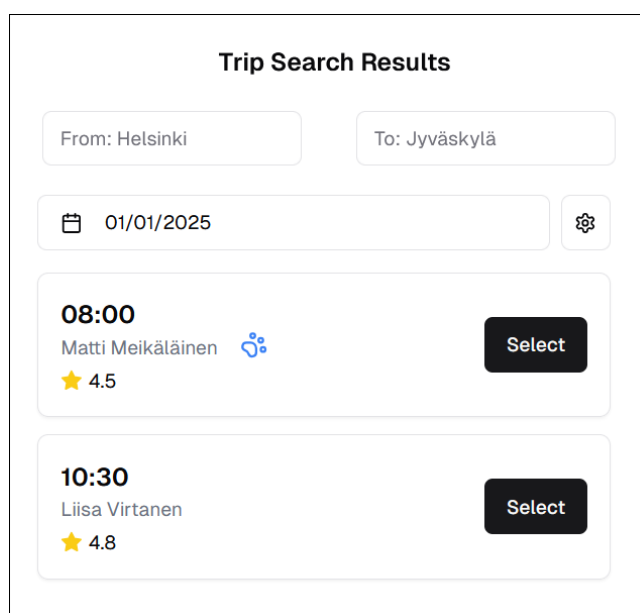
4 Älykkäät kimppakyytialustat

Kimppakyytialustojen ominaisuudet ja osa-alueet voidaan ryhmitellä monella tapaa (Zafar ym. [2022](#); Agatz ym. [2012](#)). Tässä tutkielmassa kimppakyydin toiminnalliset osa-alueet on jaoteltu viiteen osaan, joita käsitellään tässä luvussa tarkemmin. Kimppakyytialustojen keskeisin ominaisuus on matkahaku ja hallinta. Muita kimppakyytialustoihin kuuluvia osa-alueita tämän tutkielman osalta ovat reitinseuranta, kulunjako ja optimointi

4.1 Matkahaku- ja hallinta

Kimppakyytimatkojen haku ja hallinta on kimppakyytialustojen keskeisin ominaisuus. Kimppakyytialustoilla käyttäjät ilmoittavat ja etsivät kyytejä määrittelemällä lähtö- ja pääte-pisteet sekä päivämäärän. Alustat yleensä näyttävät myös tietoja matkojen osapuolista matkaa haettaessa. Kuljettajan ajokokemus, arvostelu ja sukupuoli voivat olla relevantteja tekijöitä matkapäätöstä tehdessä. Muita mieltymyksiä voi liittyä esimerkiksi tupakointiin, lemmikkieläimiin tai jopa kyydin äänimaailmaan musiikin tai jutustelun määrän osalta. (Furuhata ym. [2013](#); Agatz ym. [2012](#)). Hypoteettisen kimppakyytialustan hakuominaisuuden käyttöliittymää on visualisoitu kuviossa [1](#).

Matkustajan ja kuljettajan alkuperäisten reittien sopivuus voidaan jaotella neljään eri kategoriaan, kuten taulukossa [1](#) esitetään (Furuhata ym. [2013](#)). Taulukossa on myös hakustrategiat, joilla vastaavat kimppakyytikategoriat voidaan toteuttaa. Kategoriat esitellään yksinkertaisuuden vuoksi yhden matkustajan näkökulmasta, mutta ne ovat yleistettävissä usean matkustajan skenaarioon. Älykäs kimppakyytialusta osaa ottaa huomioon nämä kaikki eri kimppakyytikategoriat, joita esitelään seuraavissa alaluvuissa tarkemmin. Älykäs kimppakyytialusta voi myös parantaa hakutoimintoaan ilmoittamalla käyttäjille kun sopiva matka myöhemmin löytyy (Furuhata ym. [2013](#)).



Kuvio 1. Esimerkki kimppakyytialustan hakuominaisuuden käyttöliittymästä

	Kategoria englanniksi	Suomennos (oma)	Hakustrategia
1	Identical ridesharing	Identtinen kimppakyyti	-
2	Inclusive ridesharing	Sisältyvä kimppakyyti	Osamatkahaku
3	Detour ridesharing	Poikkeava kimppakyyti	Kiertotiehaku
4	Partial ridesharing	Osittainen kimppakyyti	Jatkoyhteyshaku

Taulukko 1. Kimppakyytireitin kategorisointi ja hakustrategiat

4.1.1 Identtinen kimppakyyti

Identtisessä kimppakyydissä (engl. *identical ridesharing*) kuljettajan ja matkustajan reittien lähtö- ja päätepiisteet ovat samat. Tällaisessa tilanteessa kimppakyydin hyöty matkakulujen jakamisen suhteen on maksimaalisen suuri. Tämä skenaario on kaikkein yksinkertaisin, ja se on usein ainoa kimppakyytikategoria, jota eri alustat tukevat (Furuhata ym. 2013). Matkat näissä on yleensä ilmoitettu kaupunkien tai suurimpien asutuskeskusten tarkkuudella. Kyydin sopimisen jälkeen osapuolten pitää myös neuvotella keskenään tarkemmin matkan lähtö- ja päätepiisteistä.

4.1.2 Sisältyvä kimppakyyti ja osamatkahaku

Sisältyvässä kimppakyydissä (engl. *inclusive ridesharing*) matkustajan reitti on osa kuljettajan alkuperäistä reittiä (Furuhata ym. 2013). Jos kimppakyytimatkan ilmoitettu reitti on esimerkiksi Jyväskylästä Vaasaan, yksinkertainen alusta, joka tukee vain identtistä kimppakyytiä, ei osaa näyttää kyytiehdotusta matkustajalle, joka on menossa Jyväskylästä Seinäjoelle.

Osamatkahaku mahdollistaa sisältyvän kimppakyydin, mikä tehostaa kimppakyytialustan hakutoiminnallisuutta merkittävästi. Osamatkahaku voidaan toteuttaa monella eri tapaa, ja se on yleinen toiminto esimerkiksi juna- ja bussimatkoja tarjoavilla alustoilla. Yksinkertaisimmassa toteutuksessa reitin läpikulkukohteet täydennetään kimppakyytialustan tietokantaan matkan ilmoitusvaiheessa. Samalle matkalle voi olla useita eri reittivaihtoehtoja, joista kuljettaja valitsee yhden. Reittivaihtoehdot voidaan myös jättää avoimeksi paremman haettavuuden mahdollistamiseksi.

4.1.3 Poikkeava kimppakyyti ja kiertotiehaku

Poikkeavassa kimppakyydissä matkustajan reitti ei sijaitse ollenkaan kuljettajan alkuperäisellä reitillä. Matkustajan noutamisesta johtuva poikkeama lisää ajokilometrejä alkuperäiseen reittiin. Suhteellisen pienet poikkeamat ovat usein hyväksyttäviä, varsinkin, jos ilman poikkeamaa kanssamatkustajia ei löytyisi ollenkaan. Kiertotiehaku mahdollistaa tällaisen entistäkin joustavamman matkahaun (Furuhata ym. 2013). Kiertotiehakua voidaan jo mieltää kimppakyytialustan yhdeksi älykkääksi ominaisuudeksi.

Poikkeavassa kimppakyydissä matkan tuleva poikkeama voidaan näyttää kuljettajalle matkapyyntönsä ohella, sillä hyväksyttävä poikkeama on subjektiivinen ja tilannekohtainen käsite. Jos matkapyyntöjä on samanaikaisesti useita, voi matkapoikkeama olla yksi matkustajan valintaan vaikuttava tekijä. Myös nykyisille matkustajille voi kertyä poikkeamakilometrejä, jos kyytiin liittyy uusia matkustajia. Tästä syystä poikkeamakertymästä täytyy pitää kirjaa jokaisen osallistujan osalta ja varmistaa, ettei jokin ennaltamäärätty maksimiarvo ylitä.

Kiertotiehaun toteuttamiseksi reitin geospaatialiset tiedot voidaan tallentaa johonkin paikkatietojärjestelmään. Olemassaolevien palveluiden ja rajapintojen käyttäminen yksinkertaistaa

ominaisuuden toteuttamista. Reitityslaskennan lisäksi ulkoiset palvelut voivat tarjota reaaliaikaista tietoa ruuhkista, ja laskea automaattisesti matkaan kuluvan ajan.

Jotta alustan skaalautumisessa ei tule ongelmia, matkoja etsiessä alustan täytyy jollain tapaa pystyä rajaamaan hakuvaruutta esimerkiksi ohittamalla reitit, jotka eivät sovi etsittävään aikatauluun tai ovat halutusta reitistä liian kaukana. Reittien tallennukseen sopii esimerkiksi *R-tree* -tietorakenne tai jokin vastaava variantti, jonka avulla voidaan nopeasti hakea lähimmät ilmoitetut kimppakyytimatkat (Fevre ym. 2021).

4.1.4 Osittainen kimppakyyti ja jatkoyhteysshaku

Yksittäinen kimppakyytimatka ei välttämättä vie matkustajia perille heidän haluttuun päämäärään. Tällainen osittainen kimppakyyti on ratkaistavissa tukemalla jatkoyhteysshakua (engl. *multi-hop ride sharing*, oma suomennos), joka muodostaa eri kimppakyytimatkoista yhtenäisen reitin matkustajan lähtöpisteestä päätepisteeseen (Drews ja Luxen 2013). Myös tätä skenaariota tuetaan jo julkisen liikenteen alustoilla, missä reittien staattisuus on iso etu ominaisuuden toteuttamisen näkökulmasta. Jatkoyhteysshaun tukeminen kimppakyytialustoilla on haastava laskennallinen ongelma suurten kulkuneuvo-, ja siirtopistekombinaatioiden vuoksi (Xu ym. 2020).

Multimodaalinen kimppakyytialusta ottaa jatkoyhteysshaussa julkisen liikenteen tarjonnan huomioon (Chan ja Shaheen 2012). Epäluotettavat aikataulut luovat kuitenkin suuria haasteita multimodaaliseen integraatioon (Furuhata ym. 2013; Ting ym. 2021). Kiertotiehakua tukeva dynaaminen ja multimodaalinen kimppakyytialusta on matkahaun ja -hallinnan suhteen kimppakyytialustojen huipputasoa (Tafreshian, Masoud ja Yin 2020).

4.2 Reitiseuranta

Matkan reaaliaikainen seuranta esimerkiksi GPS-teknologian avulla tukee kimppakyytialustan matkahakua- ja hallintaa. Tällainen dynaaminen kimppakyyti mahdollistaa matkaparien yhdistämisen, vaikka matka olisi jo alkanut. Dynaaminen kimppakyyti on hyödyllinen etenkin lyhyillä ja spontaaneilla matkoilla kaupungeissa, sillä kyytien pikainen saapuminen koetaan tärkeäksi (Agatz ym. 2012). Dynaaminen kimppakyyti on hyödyllinen myös pitkillä

matkoilla, joissa potentiaalinen matkustaja voi hakea matkaa vielä tunteja matkan alkamisen jälkeen.

Reaaliaikainen seuranta mahdollistaa lisäksi saapumisajankohtien reaaliaikaisen arvion, mikä parantaa matkustajien käyttökokemusta. Reitinseurannasta muodostuvaa dataa voidaan käyttää myös ongelmatilanteiden ratkaisemiseen ja käyttäjien luotettavuuden arvioimiseen (Furuhata ym. 2013). Reitinseurannan toteuttamisessa on myös haasteensa, sillä jatkuva GPS-paikannus kuluttaa mobiililaitteiden akkua, ja luo riskejä yksityisyydensuojan suhteen (Tawalbeh ym. 2016; Friginal ym. 2014).

4.3 Kulunjako

Maksuselvittely on olennainen osa kimppakyytitoimintaa. Alusta voi suoraviivaistaa tätä ehdottamalla matkustajille reitin matkakulut esimerkiksi reitin pituuden ja ajoneuvon kilometrikulujen tulo perusteella. Kehittyneempiä kulunjakoalgoritmeja on lukuisia, ja näistä sopivin vaihtoehto on avoin kysymys (Zhou, Roncoli ja Sipetas 2023; Furuhata ym. 2013). Oikeudenmukaisessa kulunjakoalgoritmissa uusien matkustajien saapuessa jaettuun matkaan myös muiden matkustajien matkakulut laskevat suhteellisesti. Matkustajan noutamisesta johtuva poikkeama voidaan osoittaa kyseisen matkustajan maksettavasti, kun taas yhteinen matkaosuus jaetaan kaikkien osapuolten kesken.

Maksutapahtuma voidaan integroida kimppakyytialustan sisälle, tai se voidaan delegoida käyttäjien vastuulle. Alustan sisältävä maksutapahtuma mahdollistaa alustan oman matka-provision, mikä on yksi tapa ylläpitää alustan toimintaa taloudellisesti (Furuhata ym. 2013). Maksu alustan sisällä mahdollistaa myös maksutapahtuman automatisaation ja vahvemman takuumekanismin erilaisissa ongelmatilanteissa.

4.4 Optimointi

Jos kimppakyytialustan tarkoitus on tehdä taloudellista voittoa, matkaparien yhdistämisen ja reitityksen optimointi voi tuoda merkittäviä lisätuloja. Optimointi voi myös optimointitavoitteista riippuen parantaa palvelun laatua käyttäjien näkökulmasta. Kimppakyytien optimointi

on monimutkainen ja laskennallisesti haastava *NP-täydellinen* ongelma, joten akateeminen kirjallisuus keskittyy heurististen algoritmien kehittämiseen (Aydin, Gokasar ja Kalan 2020). Kyytipalvelualustoihin verrattuna kimppakyytialustat ovat harvoin samassa määrin optimoituja (Mitropoulos, Kortsari ja Ayfantopoulou 2021).

Optimointiongelmailla tarkoitetaan laskennallista ongelmaa, jossa pyritään löytämään paras mahdollinen ratkaisu ottaen huomioon ennaltamäärätyt rajoitteet ja ehdot. Taloudellisen voiton lisäksi muita kyytipalvelu- ja kimppakyytialustoihin liittyviä optimointitavoitteita voivat olla matkakustannusten minimointi, matkojen turvallisuuden ja mukavuuden maksimointi, matkustajien sosiaalisen yhteensopivuuden maksimointi, odotusajan minimointi, matkustusaikojen minimointi sekä istuinpaikkojen käyttöasteen maksimointi (Aydin, Gokasar ja Kalan 2020; Mallus ym. 2017; Ting ym. 2021). Näiden irrallisten tavoitteiden lisäksi so- piva optimointitavoite voi olla usean tavoitteen painoitettu summa, eli lineaarikombinaatio (Tafreshian, Masoud ja Yin 2020). Eri optimointistrategioita ja -algoritmeja voidaan validoida agenttipohjaisella simulaatiolla (Sun, Wu ja Chen 2022).

Kyytipalveluiden optimointiongelma liittyy ajoneuvojen reititysongelmaan (engl. *Vehicle Routing Problem*), joka on yleinen aihe logistiikan alalla. Tästä laajennus on dynaaminen nouto- ja jakeluongelma (engl. *dynamic pickup and delivery problem*, DPDP, oma suomennos), joka ottaa lisäksi huomioon monimutkaisemmat rajoitukset sijaintipisteiden ja kyydin reaaliaikaisuuden suhteen. (Zafar ym. 2022; Furuhata ym. 2013). Kimppakyydin optimointiongelma (engl. *The P2P ride-matching problem*) on sen sijaan yleistys kyydintilausongelmasta (engl. *dial-a-ride problem*, DARP, oma suomennos), jossa osallistujien itsenäistä kyydinmuodostamista on korostettu (Tafreshian, Masoud ja Yin 2020). Kyytipalveluihin ja kimppakyyditykseen liittyviä optimointiongelmia ja niiden variantteja on lukuisia.

Kimppakyytialustat voidaan kategorisoida sen mukaan, miten ne yhdistävät eri matkustajat ja kuljettajat. Manuaalisessa hakuprosessissa matkustaja etsii ja valitsee hakutuloksista itse potentiaaliset kuljettajat. Tämä lähestymistapa voi kuitenkin luoda synkronointiongelman hyväksymisprosessin pitkittyessä, jos kyytipyyntöt jäävät roikkumaan (Agatz ym. 2012). Automaattisessa matkaparien yhdistämisessä kimppakyytialusta valitsee matkaparit käyttäjien puolesta, ja se on varsinkin kyytipalvelualustoilla yleinen lähestymistapa. Autonomian puute voi kuitenkin vaikuttaa palvelun käyttökokemukseen kielteisesti, sillä tämä lähesty-

mistapa ohittaa käyttäjien psykososiaaliset mieltymykset (Aguiléra ja Pigalle [2021](#)).

Eri alustat ovat kokeilleet erilaisia lähestymistapoja matkaparien yhdistämiseen, mutta sopivin lähestymistapa on edelleen avoin kysymys. Automaattinen menetelmä sopinee parhaiten nopeille ja lyhyille matkoille, kun taas manuaalinen hakuprosessi sopii luontevammin pidemmille matkoille (Agatz ym. [2012](#)). Matkaparien yhdistämistapa ja alustan optimisaatio ovat sidoksissa toisiinsa. Alustaan liittyy ja poistuu osallistujia jatkuvasti, ja optimointialgoritmi päivittää nykyistä ratkaisujoukkoa tietyin määräajoin. Jos alusta käyttää matkaparien automaattista yhdistämistä, voidaan matkaparit vaihtaa toisiin, jos uusi ratkaisu on optimaalisempi (Furuhata ym. [2013](#)).

5 Kimppakyydin tulevaisuus

Mielenkiinto kimppakyytialustoihin ja niiden tarjoamiin mahdollisuuksiin on kasvanut, ja trendin voidaan olettaa jatkuvan (Agatz ym. 2012). Vaikka etätyön suosio on vähentänyt työmatkatarvetta, ihmisillä tulee edelleen olemaan tarve joustavampaan ja tehokkaampaan liikkuvuuteen. Tässä kappaleessa pohditaan kimppakyytialustojen implementaatioon liittyviä lähestymistapoja ja aiheeseen liittyviä jatkotutkimusideoita.

Kimppakyytiin liittyy joukkoliikenteeseen verrattuna enemmän erilaisia poikkeustilanteita aikataulun ja alkuperäisen reitin suhteen. Poikkeukset ja ongelmatilanteet voivat syntyä jo ennen matkaa tai matkan aikana joko oman huolimattomuuden tai ulkoisen tekijän aiheuttamana (Ben Cheikh-Graiet, Dotoli ja Hammadi 2020). Kimppakyytialusta voi käyttää maksusysteemiään kannustimena luotettavuuden lisäämiseen. Kimppakyytimatkan loputtua etukäteen maksetut matkakulut voidaan jakaa käyttäjien kesken *escrow*-mekanismilla, jos ongelmatilanteita, kuten myöhästymisiä alkuperäiseen aikatauluun, ei ilmaantunut (Furuhata ym. 2013). Ongelmatilanteen sattuessa kulut voidaan jakaa jollain oikeudenmukaisella tavalla. Tällaisessa järjestelyssä on omat ongelmansa esimerkiksi käyttäjien rehellisyyden suhteen, ja on tärkeää, että poikkeusten syyt voidaan osoittaa oikeudenmukaisesti (Furuhata ym. 2013).

Dynaamisen kimppakyytialustan toimintaan liittyy myös paljon yksityisyysriskejä. Käyttäjiin liittyvät sijaintitiedot ovat hyvin arkaluonteista tietoa, sillä niistä voi käydä ilmi käyttäjien kotiosoite ja liikkumisrutiinit (Friginal ym. 2014). Kimppakyytialustaan liittyy myös lukuisia turvallisuusriskejä kimppakyytialustan ja käyttäjien osalta (Zafar ym. 2022).

Yksityisyys- ja turvallisuusriskien huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa on tärkeää millä tahansa teknologiaratkaisulla.

Erillisten kimppakyytialustojen samanaikainen toiminta lisää osallistujien fragmentaatiota, jos alustat toimivat suljetulla periaatteella reitti-ilmoitusten suhteen. Eri kimppakyytipalvelut ja niiden käyttäjät hyötyisivät reitti-ilmoitusten avoimesta jakamisesta, sillä tämä tehostaa palveluiden hakuominaisuuksia (Graziotin 2013; Furuhata ym. 2013). Reittitietojen jakamiseen kimppakyytialustojen välillä onkin jo olemassa erilaisia protokollia (Wright, Nelson ja

Cottrill [2020](#); Chan ja Shaheen [2012](#)).

Kimppakyyti on aiheena laaja ja moniulotteinen, ja siihen luonnollisesti liittyy lukuisia jatkotutkimuskysymyksiä eri tieteenalojen näkökulmasta. Toimivan ratkaisun toteuttamisen näkökulmasta olisi hyödyllistä tutkia, miten saman kimppakyytialustan sisälle voitaisiin integroida sekä automaattinen että manuaalinen matkaparien yhdistäminen. Eri yhdistelmätapojen käyttäminen matkan pituuden tai käyttäjien mieltymysten perusteella tehostaisi kimppakyytialustan toimintaa eri kimppakyytikonteksteissa (Mitropoulos, Kortsari ja Ayfantopoulou [2021](#)).

Toinen jatkotutkimuskysymys liittyy matkahakutoiminnallisuuden vaikutusten laskennalliseen arviointiin. Esimerkiksi osamatkahaun vaikutusta voisi arvioida simuloimalla karkeasti matkapyyntöjä tekemällä oletuksia matkan pituuksista ja niiden keskinäisistä lukumääristä käyttämällä datalähteinä esimerkiksi kaupunkien väkilukuja. Konkreettinen tutkimustieto hakuominaisuuksien vaikutuksista voisi motivoida nykyisiä kimppakyytialustoja kehittyneempien hakuominaisuuksien toteuttamiseen.

Muita jatkotutkimuskysymyksiä liittyy muun muassa kimppakyytialustan taloudellisen toiminnan kestävyuden arviointiin, älykkään kimppakyytialustan käsitteen tarkempaan määrittelyyn ja avoimen lähdekoodin mahdollisuuksiin kimppakyytialustan näkökulmasta. Jatkotutkimusideoihin kuuluu myös autonomisten kulkuneuvojen potentiaalinen vaikutus kimppakyytitoimintaan.

6 Yhteenveto

Yksityisautoilun tehostaminen kimppakyytitoiminnan muodossa vähentää muun muassa matkakuluja, ympäristökuormitusta ja ruuhkaa, sekä parantaa ihmisten liikkuvuusmahdollisuuksia ja yhteiskunnan sosiaalista koheesiota. Organisoitu kimppakyytitoiminta ei kuitenkaan ole yleistynyt merkittäväällä tavalla. Kimppakyytitoiminnan laajempaa käyttöönottoa voidaan edistää erilaisilla kimppakyytialustoja tehostavilla älykkäillä ominaisuuksilla ja algoritmeilla, jotka vähentävät kimppakyytiin liittyvää vaivannäköä. Nykyisistä kimppakyytialustoista suurin osa toimii yksinkertaisella ilmoitustaulumekanismilla, ja älykkään kimppakyytialustan potentiaali on edelleen saavuttamatta.

Tässä tutkielmassa esiteltiin laaja-alaisesti kimppakyydin käsitteitä, taustaa ja terminologiaa. Kimppakyytialustojen eri toiminnallisia osa-alueita käsiteltiin keskittymällä etenkin matkahakuun ja -hallintaan sekä kimppakyytialustojen optimointiin. Tutkielmassa ei käsitelty kimppakyytitoimintaan liittyviä yksityisyys- ja turvallisuusriskejä tarkasti. Käytännönläheiset kimppakyytialustan toteuttamiseen liittyvät kysymykset on myös jätetty tämän tutkielman ulkopuolelle.

Älykkään kimppakyytialustan käsite ei ole mustavalkoinen, vaan se voidaan ymmärtää skaalana älykkäiden ominaisuuksien kokonaisuudesta ja yhteisvaikutuksesta. Aiheen käsittely ja popularisointi tutkimusten, uutisoinnin tai viihteen kautta voi vahvistaa älykkään kimppakyydin käsitteen ja potentiaalın laajempaa tiedostamista. Tämä tutkielma esittää yhden puheenvuoron liikennejärjestelmän kehittämisessä kohti älykkäitä ja automatisoituja kimppakyytialustoja.

Lähteet

Adelé, Sonia ja Corinne Dionisio. 2020. “Learning from the real practices of users of a smart carpooling app”. *European Transport Research Review* 12, numero 1 (3. kesäkuuta 2020): 39. ISSN: 1866-8887. <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00429-3>.

Agatz, Niels, Alan Erera, Martin Savelsbergh ja Xing Wang. 2012. “Optimization for dynamic ride-sharing: A review”. *European Journal of Operational Research* 223, numero 2 (1. joulukuuta 2012): 295–303. ISSN: 0377-2217. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.028>.

Aguiléra, Anne ja Eléonore Pigalle. 2021. “The Future and Sustainability of Carpooling Practices. An Identification of Research Challenges”. Number: 21 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, *Sustainability* 13, numero 21 (tammikuu): 11824. ISSN: 2071-1050. <https://doi.org/10.3390/su132111824>.

Anthopoulos, Leonidas G. ja Dimitrios N. Tzimos. 2021. “Carpooling Platforms as Smart City Projects: A Bibliometric Analysis and Systematic Literature Review”. Number: 19 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, *Sustainability* 13, numero 19 (tammikuu): 10680. ISSN: 2071-1050. <https://doi.org/10.3390/su131910680>.

Aydin, Omer Faruk, Ilgin Gokasar ja Onur Kalan. 2020. “Matching algorithm for improving ride-sharing by incorporating route splits and social factors”. Publisher: Public Library of Science, *PLOS ONE* 15, numero 3 (4. maaliskuuta 2020): e0229674. ISSN: 1932-6203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229674>.

Ben Cheikh-Graiet, Sondes, Mariagrazia Dotoli ja Slim Hammadi. 2020. “A Tabu Search based metaheuristic for dynamic carpooling optimization”. *Computers & Industrial Engineering* 140 (1. helmikuuta 2020): 106217. ISSN: 0360-8352. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106217>.

Chan, Nelson D. ja Susan A. Shaheen. 2012. “Ridesharing in North America: Past, Present, and Future”. Publisher: Routledge _eprint: <https://doi.org/10.1080/01441647.2011.621557>, *Transport Reviews* 32, numero 1 (1. tammikuuta 2012): 93–112. ISSN: 0144-1647. <https://doi.org/10.1080/01441647.2011.621557>.

- Drews, Florian ja Dennis Luxen. 2013. “Multi-Hop Ride Sharing”. Number: 1, *Proceedings of the International Symposium on Combinatorial Search 4* (1): 71–79. ISSN: 2832-9163. <https://doi.org/10.1609/socs.v4i1.18279>.
- Eckhardt, Jenni, Lasse Nykänen, Aki Aapaoja ja Petri Niemi. 2018. “MaaS in rural areas - case Finland”. *Research in Transportation Business & Management*, Special Issue on Mobility as a Service, 27 (1. kesäkuuta 2018): 75–83. ISSN: 2210-5395. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2018.09.005>.
- Evans, David S. ja Richard Schmalensee. 2010. “Failure to Launch: Critical Mass in Platform Businesses”. Publisher: De Gruyter, *Review of Network Economics* 9, numero 4 (3. joulukuuta 2010). ISSN: 1446-9022. <https://doi.org/10.2202/1446-9022.1256>.
- Fevre, Corwin, Hayfa Zgaya-Biau, Philippe Mathieu ja Slim Hammadi. 2021. “Multi-agent Systems and R-Trees for Dynamic and Optimised Ridesharing”. Teoksessa *2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 1352–1358. ISSN: 2577-1655, 2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). Lokakuu. <https://doi.org/10.1109/SMC52423.2021.9658823>.
- Friginal, Jesús, Sébastien Gambs, Jérémie Guiochet ja Marc-Olivier Killijian. 2014. “Towards privacy-driven design of a dynamic carpooling system”. *Pervasive and Mobile Computing* 14 (lokakuu): 71–82. ISSN: 15741192. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2014.05.009>.
- Furuhata, Masabumi, Maged Dessouky, Fernando Ordóñez, Marc-Etienne Brunet, Xiaoqing Wang ja Sven Koenig. 2013. “Ridesharing: The state-of-the-art and future directions”. *Transportation Research Part B: Methodological* 57 (1. marraskuuta 2013): 28–46. ISSN: 0191-2615. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.08.012>.
- Graziotin, Daniel. 2013. “An Analysis of issues against the adoption of Dynamic Carpooling”, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.710636>, arXiv: [1306.0361\[cs\]](https://arxiv.org/abs/1306.0361).
- Janasz, Tomasz ja Uwe Schneidewind. 2017. “The Future of Automobility”. Teoksessa *Shaping the Digital Enterprise: Trends and Use Cases in Digital Innovation and Transformation*, toimittanut Gerhard Oswald ja Michael Kleinemeier, 253–285. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-40967-2. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40967-2_13.

Lazarus, Jessica R., Juan D. Caicedo, Alexandre M. Bayen ja Susan A. Shaheen. 2021. “To Pool or Not to Pool? Understanding opportunities, challenges, and equity considerations to expanding the market for pooling”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 148 (1. kesäkuuta 2021): 199–222. ISSN: 0965-8564. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.10.007>.

Malik, Aisha. 2022. “Waze shutting down its carpool service starting next month”. TechCrunch, 26. elokuuta 2022. Viitattu 2. joulukuuta 2024. <https://techcrunch.com/2022/08/26/googles-waze-shutting-down-its-carpool-service/>.

Mallus, Matteo, Giuseppe Colistra, Luigi Atzori, Maurizio Murrone ja Virginia Pilloni. 2017. “Dynamic Carpooling in Urban Areas: Design and Experimentation with a Multi-Objective Route Matching Algorithm”. Number: 2 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, *Sustainability* 9, numero 2 (helmikuu): 254. ISSN: 2071-1050. <https://doi.org/10.3390/su9020254>.

Martins, Leandro do C., Rocio de la Torre, Canan G. Corlu, Angel A. Juan ja Mohamed A. Masmoudi. 2021. “Optimizing ride-sharing operations in smart sustainable cities: Challenges and the need for agile algorithms”. *Computers & Industrial Engineering* 153 (1. maaliskuuta 2021): 107080. ISSN: 0360-8352. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107080>.

Mitropoulos, Lambros, Annie Kortsari ja Georgia Ayfantopoulou. 2021. “A systematic literature review of ride-sharing platforms, user factors and barriers”. *European Transport Research Review* 13, numero 1 (7. joulukuuta 2021): 61. ISSN: 1866-8887. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00522-1>.

Ofori, Kwame Simpe, Hod Anyigba, Ogechi Adeola, Chai Junwu, Christian Nedu Osakwe ja Olayinka David-West. 2021. “Understanding post-adoption behaviour in the context of ride-hailing apps: the role of customer perceived value”. Publisher: Emerald Publishing Limited, *Information Technology & People* 35, numero 5 (27. elokuuta 2021): 1540–1562. ISSN: 0959-3845. <https://doi.org/10.1108/ITP-06-2019-0285>.

Ouyang, Yanfeng, Haolin Yang ja Carlos F. Daganzo. 2021. “Performance of reservation-based carpooling services under detour and waiting time restrictions”. *Transportation Research Part B: Methodological* 150 (1. elokuuta 2021): 370–385. ISSN: 0191-2615. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2021.06.007>.

Pinto, Guilherme Alcântara, Kelly Carvalho Vieira, Eduardo Gomes Carvalho ja Joel Yutaka Sugano. 2019. “Applying the lazy user theory to understand the motivations for choosing carpooling over public transport”. *Sustainable Production and Consumption* 20 (1. lokakuuta 2019): 243–252. ISSN: 2352-5509. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.07.002>.

Pukhovskiy, N. V. ja R. E. Lepshokov. 2011. “Real-time carpooling system”. Teoksessa *2011 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 648–649. 2011 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). Toukokuu. <https://doi.org/10.1109/CTS.2011.5928758>.

Saxena, Deepak, Laurent Muzellec ja Daniel Trabucchi. 2020. “BlaBlaCar: Value creation on a digital platform”. Publisher: SAGE Publications Ltd, *Journal of Information Technology Teaching Cases* 10, numero 2 (1. marraskuuta 2020): 119–126. ISSN: 2043-8869. <https://doi.org/10.1177/2043886919885940>.

Sun, Ruixiao, Xuanke Wu ja Yuche Chen. 2022. “Assessing the impacts of ridesharing services: An agent-based simulation approach”. *Journal of Cleaner Production* 372 (20. lokakuuta 2022): 133664. ISSN: 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133664>.

Tafreshian, Amirmahdi, Neda Masoud ja Yafeng Yin. 2020. “Frontiers in Service Science: Ride Matching for Peer-to-Peer Ride Sharing: A Review and Future Directions”. Publisher: INFORMS, *Service Science* 12, numero 2 (kesäkuu): 44–60. ISSN: 2164-3962. <https://doi.org/10.1287/serv.2020.0258>.

Tawalbeh, Lo’ ai A., Anas Basalamah, Rashid Mehmood ja Hala Tawalbeh. 2016. “Greener and Smarter Phones for Future Cities: Characterizing the Impact of GPS Signal Strength on Power Consumption”. Conference Name: IEEE Access, *IEEE Access* 4:858–868. ISSN: 2169-3536. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2532745>.

Teubner, Timm ja Christoph M. Flath. 2015. “The Economics of Multi-Hop Ride Sharing”. *Business & Information Systems Engineering* 57, numero 5 (1. lokakuuta 2015): 311–324. ISSN: 1867-0202. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0396-y>.

Ting, Kien Hua, Lai Soon Lee, Stefan Pickl ja Hsin-Vonn Seow. 2021. “Shared Mobility Problems: A Systematic Review on Types, Variants, Characteristics, and Solution Approaches”. Number: 17 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, *Applied Sciences* 11, numero 17 (tammikuu): 7996. ISSN: 2076-3417. <https://doi.org/10.3390/app11177996>.

Trafi. 2024. “Henkilöliikennetutkimus 2021: Suomalaisten liikkuminen (päivitetty 2024)”. Traficom, 31. toukokuuta 2024. Viitattu 14. joulukuuta 2024. <https://www.traficom.fi/fi/julkaisut/henkiloliikennetutkimus-2021-suomalaisten-liikkuminen>.

Wright, Steve, John D. Nelson ja Caitlin D Cottrill. 2020. “MaaS for the suburban market: Incorporating carpooling in the mix”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Developments in Mobility as a Service (MaaS) and Intelligent Mobility, 131 (1. tammikuuta 2020): 206–218. ISSN: 0965-8564. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.034>.

Xu, Yixin, Lars Kulik, Renata Borovica-Gajic, Abdullah Aldwyish ja Jianzhong Qi. 2020. “Highly Efficient and Scalable Multi-hop Ride-sharing”. Teoksessa *Proceedings of the 28th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, 215–226. SIGSPATIAL '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 13. marraskuuta 2020. ISBN: 978-1-4503-8019-5. <https://doi.org/10.1145/3397536.3422235>.

Zafar, Farkhanda, Hasan Ali Khattak, Moayad Aloqaily ja Rasheed Hussain. 2022. “Carpooling in Connected and Autonomous Vehicles: Current Solutions and Future Directions”. *ACM Computing Surveys* 54, numero 10 (31. tammikuuta 2022): 1–36. ISSN: 0360-0300, 1557-7341. <https://doi.org/10.1145/3501295>.

Żak, Jacek, Maciej Hojda ja Grzegorz Filcek. 2019. “Multiple Criteria Optimization of the Carpooling Problem”. *Transportation Research Procedia*, 21st EURO Working Group on Transportation Meeting, EWGT 2018, 17th – 19th September 2018, Braunschweig, Germany, 37 (1. tammikuuta 2019): 139–146. ISSN: 2352-1465. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.176>.

Zhou, Ze, Claudio Roncoli ja Charalampos Sipetas. 2023. “Optimal matching for coexisting ride-hailing and ridesharing services considering pricing fairness and user choices”. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 156 (1. marraskuuta 2023): 104326. ISSN: 0968-090X. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104326>.