

Strategisen datan hallinta kestävässä liikennejärjestelmässä

20.9.2018

Sisältö



1. Liikenteen data ja ohjaus
2. Tarvittava data ja tietorakenteet Helsingin seudun liikennejärjestelmän optimoimiseksi
3. Data julkishyödykkeenä
4. Datan käyttö, omistajuus ja sääntely yleisen edun mukaisesti
5. Johtopäätöksiä ja suosituksia

Työn tavoitteet



→ Työ etsii vastauksia seuraaviin kysymyksiin

- Mitä dataa ja mitä rakenteita pitää olla jotta voisimme optimoida Helsingin seudun liikennejärjestelmää?
- Millä datalla on julkishyödykkeen ominaisuuksia?
- Mikä toiminta on datan käytön, omistajuuden ja sääntelyn suhteen yhteisen hyvän ja yleisen edun mukaista?

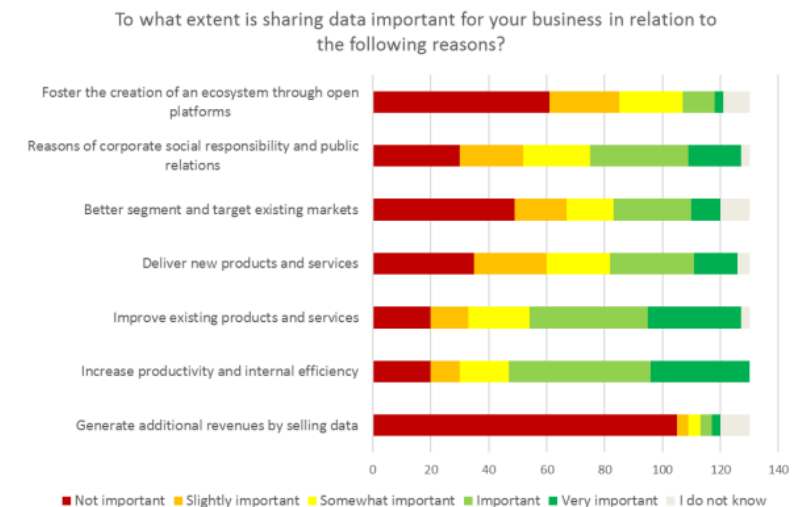
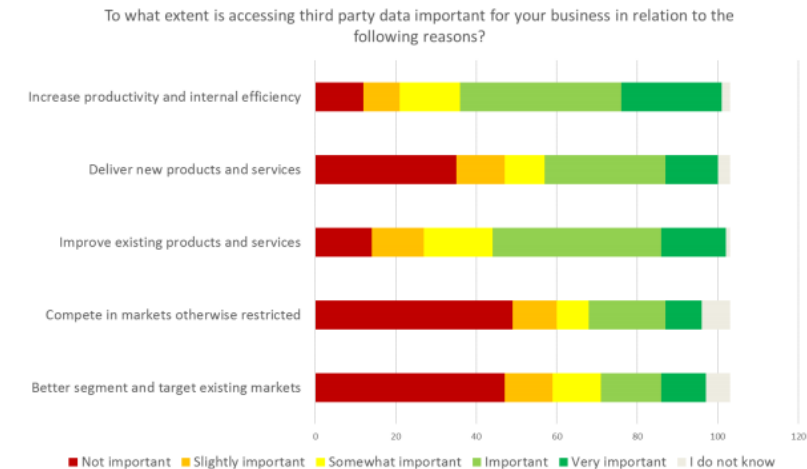
→ Vastauksien ohella työ

- Tuo ymmärrystä tavoitetilasta
- Tuo MAL-suunnitelmaan suositeltavat keinot ja askeleet strategiseen dataan liittyen

Miksi liikennesektorilla täytyy kiinnittää huomiota dataan?



- Liikennealalla tapahtumassa useita muutoksia
 - Automaattiset ajoneuvot
 - Markkinoiden avautuminen kilpailulle
 - Uudet liikenteen palvelut
- Digitaalisen teknologian kehitys muuttaa kuluttajien odotuksia ja lisää datan keräämisen mahdollisuuksia
 - Käyttäjien vaatimustaso reaaliaikaista informaatiota kohtaan kasvaa
 - Mittaaminen ja reaaliaikaisen datan kerääminen halpenee ja helpottuu (IoT)
- Megatrendit vaikuttavat myös liikenteeseen ja sen vaikutuksiin
 - Liikennesektorilta odotetaan osallistumista ilmastotavoitteiden saavuttamiseen
 - Kaupungistuminen tihentää asumista ja kasvattaa liikennekysyntää kaupunkialueilla
 - Väestön vanheneminen muuttaa ihmisten tapoja liikkua.
- EU:n tietosuoja-asetus GDPR vaikuttaa myös liikennealalla datan keräämiseen ja käsittelyyn
 - Henkilötietojen keräämiseen tulee olla selkeä syy, eikä niitä saa säilyttää kauempaa kuin on tietojen käsittelyn kannalta välttämätöntä



Kuvat: European Commission (2018). Study on data sharing between companies in Europe. *Final Report*.

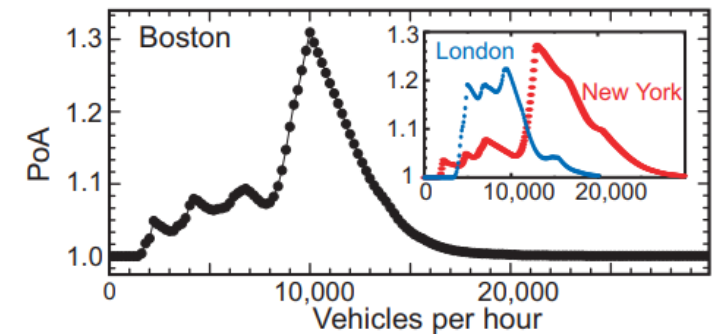
Miksi liikennettä ohjataan?

→ Mitä liikennejärjestelmäsuunnittelulla ja operatiivisella ohjauksella tavoitellaan?

- Parempi palvelutaso
- Saavutettavuuden paraneminen
- Häiriökestävyys
- Aikasäästöt
- Päästöjen vähentäminen
- Ilmanlaadun paraneminen

→ Miksi liikennejärjestelmää pitää ohjata? (Anarkian hinta)

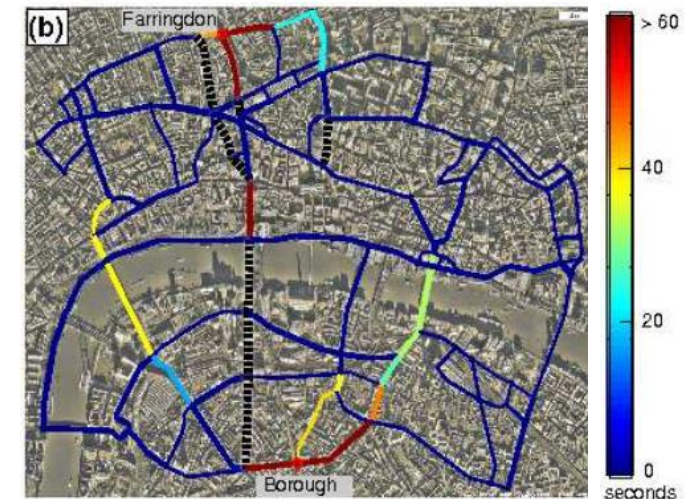
- Kulikutapavaikutus: Oma matka-aikaansa minimoivat autoilijat eivät ota huomioon aiheuttamaansa ruuhkaa ja järjestelmän kokonaistilan heikkenemistä
- Liikennejärjestelmävaikutus: Oman henkilöauton valitsevat liikkujat eivät ota huomioon aiheuttamaansa tilantarvetta, päästöjä ja ruuhkia muille
- Tästä seuraa, että koordinoimattomassa järjestelmässä keskimääräiset matka-ajat ovat pidempiä kuin koordinoidussa järjestelmässä



Kuva: Youn, H., Gastner, M. T., & Jeong, H. (2008). Price of anarchy in transportation networks: efficiency and optimality control. *Physical review letters*, 101(12), 128701.

Miksi liikennettä ohjataan?

- Liikenneinfra on luonnollinen monopoli
 - Kuluttajat maksavat infrasta ylihintaa jos sen tuottamista ei säännellä
- Joitakin liikenteen palveluja voidaan pitää luonnollisena monopolina
 - Raideliikenteen ominaispiirteet (liikenteen ohjaus, korkeat pääomakustannukset) hankaloittavat markkinoille tuloa
 - Kaupunkiseutujen joukkoliikennejärjestelmät
- Liikkumispäätöksen osat, joihin voidaan vaikuttaa
 - Reitit
 - Lähtöajat
 - Kulutapa
 - Ajonopeudet
- Menetelmiä, joilla voidaan vaikuttaa em. osiin
 - Liikenteen ohjaus (ml. liikennevalot)
 - Matkustajainformaatio
 - Reititysalgoritmit



Kuva: Youn, H., Gastner, M. T., & Jeong, H. (2008). Price of anarchy in transportation networks: efficiency and optimality control. *Physical review letters*, 101(12), 128701.



**Mitä dataa ja mitä rakenteita
pitää olla, jotta voimme
optimoida Helsingin seudun
liikennejärjestelmää?**

Mitä keinoja eri toimijoilla on ohjata liikennejärjestelmää?



- Yritykset
 - Reititysalgoritmit
 - Logistiikka
 - Haasteena saada ohjaus tapahtumaan kokonaisoptimin suuntaan
- Reittiliikenneluvat myöntävä viranomainen
 - Joukkoliikenteen hinnoittelu
 - Häiriönhallinta (viestintä ja muut toimenpiteet)
- Liikennejärjestelmäsuunnittelun vastuutaho
 - (MAL-suunnittelu ja) MAL-sopimus
 - Ruuhkamaksut
- Muu julkinen sektori (sisältäen yksittäiset kaupungit)
 - Liikenteenohjaus
 - MAL-suunnittelu
 - Tarjonnan suunnittelu (liikennepalvelut, tilankäyttö)

Liikenteen ohjaamisen menetelmiä

Liikkumispäätöksen osa	Vaikutusmenetelmä	Lähtödatat	Lähteitä
Ajonopeudet	Liikennevalojen ohjaus, Muuttuvat nopeusrajoitukset, Automaattisten ajoneuvojen algoritmit	Liikenneverkon kuormitus, Väyläverkon kuvaus, Ajonopeudet, Odotusaika valoissa, Pysähdysten määrä valoissa, Liikennetiheys, Sää- ja kelitiedot	Zhou, B., Cao, J., Zeng, X., & Wu, H. (2010, September). Adaptive traffic light control in wireless sensor network-based intelligent transportation system. In <i>Vehicular technology conference fall (VTC 2010-Fall), 2010 IEEE 72nd</i> (pp. 1-5). IEEE. Cao, J., Hu, D., Luo, Y., Qiu, T. Z., & Ma, Z. (2015). Exploring the impact of a coordinated variable speed limit control on congestion distribution in freeway. <i>Journal of traffic and transportation engineering (English edition)</i> , 2(3), 167-178.
Kulikutapa	Ruuhkamaksut, Hinnoittelu, Liikenteenohjaus (liikennevalot, kaistarajoitukset), Reaaliaikainen ennustemalli, Multimodaalinen reittiopas	Liikenneverkon kuormitus, Väyläverkon kuvaus, Liikennepalveluiden kuvaus, Ajonopeudet, Negatiiviset ulkoisvaikutukset (ilmanlaatu, aikaviiveet, ilmastovaikutus, pysäköintitila), Sää- ja kelitiedot	Litman, T. (2010). Quantifying the benefits of nonmotorized transportation for achieving mobility management objectives. <i>Victoria Transport Policy Institute</i> , 28. Jahn, O., Möhring, R. H., Schulz, A. S., & Stier-Moses, N. E. (2005). System-optimal routing of traffic flows with user constraints in networks with congestion. <i>Operations research</i> , 53(4), 600-616.
Reitit	(Ennustava) reititysalgoritmi, Reaaliaikainen ennustemalli, Multimodaalinen reittiopas	Liikenneverkon kuormitus, Väyläverkon kuvaus, Liikennepalveluiden kuvaus, Ajonopeudet, Kysyntätieto, Sää- ja kelitiedot	Min, W., & Wynter, L. (2011). Real-time road traffic prediction with spatio-temporal correlations. <i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i> , 19(4), 606-616. Dia, H. (2001). An object-oriented neural network approach to short-term traffic forecasting. <i>European Journal of Operational Research</i> , 131(2), 253-261.
Lähtöajat	Ruuhkamaksut, Matkustajainformaatio	Liikenneverkon kuormitus, Historiatieto verkon kuormituksesta (ruuhkamaksun tason arvioimiseksi), Ajonopeudet, Ruuhkautumisen aiheuttamat negatiiviset ulkoisvaikutukset	https://www.trafi.fi/filebank/a/1526888857/3562d81b8bca74644f91e1847115c77f/30565-Hanninen.pdf Joksimovic, D., Bliemer, M., & Bovy, P. (2005). Optimal toll design problem in dynamic traffic networks with joint route and departure time choice. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i> , (1923), 61-72.

Datalähteitä



- Kaupungin liikenneinfrahankinnat
 - Liikennevalojen yhteydessä olevat induktiosilmukat
 - Maksullinen pysäköinti
- Pysäköinninvalvonta
- Kännykkäsovellukset
- Teleliikenteen tiedot
- Paikannuslaitteet (navigaattorit, puhelimet, beaconit)
 - Taksit
 - Joukkoliikenne
 - Automaattiset autot
 - Yhteiskäyttöautot
- Rakennusten kävijämäärätieto
- Liikennelaskentapistteet
- MaaS-operaattorit

Big Data liikennesektorilla



- Monissa lähteissä korostetaan Big Datan (suuret tietovarannot ja niiden jalostamiseen sopivat menetelmät) merkitystä liikenteen ja liikkumisen suunnittelussa tulevaisuudessa
- Big Datan lähteitä
 - Kännyköiden ja autonavigaattoreiden paikannustieto
 - Twitter-viestit
 - Rakennusten kävijämäärätieto
- Kuitenkin vain vähän konkreettisia menetelmiä tai tutkimusta liikenteen optimoimiseksi Big Datan avulla. Löydettyjä esimerkkejä:
 - Onnettomuusriskin arviointi liikennemäärä- ja nopeustiedon avulla ruuhkissa: Kynnysarvot korottuneesta onnettomuusriskistä ilmoittamiselle
 - Twitter-viestien louhinta onnettomuuksien paikantamiseksi
- Big Datan tilastollinen edustavuus tai edustamattomuus huomioitava tietojen käsittelyssä ja johtopäätöksiä tekemisessä

Miten tarvittavaa dataa saadaan käyttöön?



1. Tuottamalla itse

- Liikkumistutkimukset
- Matkakorttidata
- Täsmällisyystiedot
- Kysyntä
- Asiakaspalaute
- Sovellusdata

2. Ostamalla

- Esimerkiksi Google, TomTom
- Automaattiajoneuvojen sensoridata

3. Erilaisilla yhteistyömalleilla

- B2G-datayhteistyö
- Datan luovuttaminen
- Kilpailut ja palkinnot
- Kolmansien osapuolien kautta
- Omaehtoinen datanluovutus

4. Reguloimalla

- Viranomaisille luovutettava data
- Kaikille avattava data

5. Mallintamalla

- Kysyntämallit ja muut ennustemallit kuten reaaliaikaiset simulaatiomallit

Datayhteistyön toimintamalleja MAL 2019

Toimintamalli	Kuvaus
Datan luovuttaminen	Datan luovuttamista voidaan pitää eräänlaisena yhteiskuntavastuullisena toimintana. Esimerkiksi Mastercard luovuttaa anonymisoitua dataansa sosiaalisten hankkeiden avuksi.
Kilpailut ja palkinnot	Julkiset toimijat voivat yhdessä yritysten kanssa toteuttaa kilpailuja, joissa etsitään ratkaisuja tiettyyn julkisen sektorin ongelmaan. Yritykset luovuttavat kilpailuun dataansa, jota voidaan hyödyntää ratkaisun kehittämiseen.
B2G-datayhteistyö	Yhteistyömalli, jossa molemmat osapuolet avaavat dataa toistensa käyttöön. Molemmat osapuolet hyötyvät käytössä olevan datan määrän kasvusta.
Kolmannet osapuolet	Jos yhteyttä tai luottamusta yrityksen ja julkisen sektorin välillä ei ole, luotettava kolmas osapuoli voi analysoida yrityksen tai julkisen sektorin dataa ja julkaista analyysinsä tulokset kaikkien käyttöön
Kansalaisdatan jakaminen	Yksilöt voivat jakaa henkilökohtaista dataansa julkiselle sektorille yksityisen sektorin sijaan. Malli toimii parhaiten, kun yksilön ja julkisen tahon välillä on vahva yhteys (kaupunki, kunta tms.) tai kun yleinen etu on erityisen suuri myös yksilön näkökulmasta (parannuskeinojen löytäminen sairauksiin, liikkumisratkaisujen toteuttaminen suosittujen kohteiden lähellä tms.)

Lähde: European Commission (2018). Guidance on sharing private sector data in the European data economy. *Commission Staff Working Document*.

Miten kerätty tieto integroidaan liikennejärjestelmään ja päätösprosesseihin?



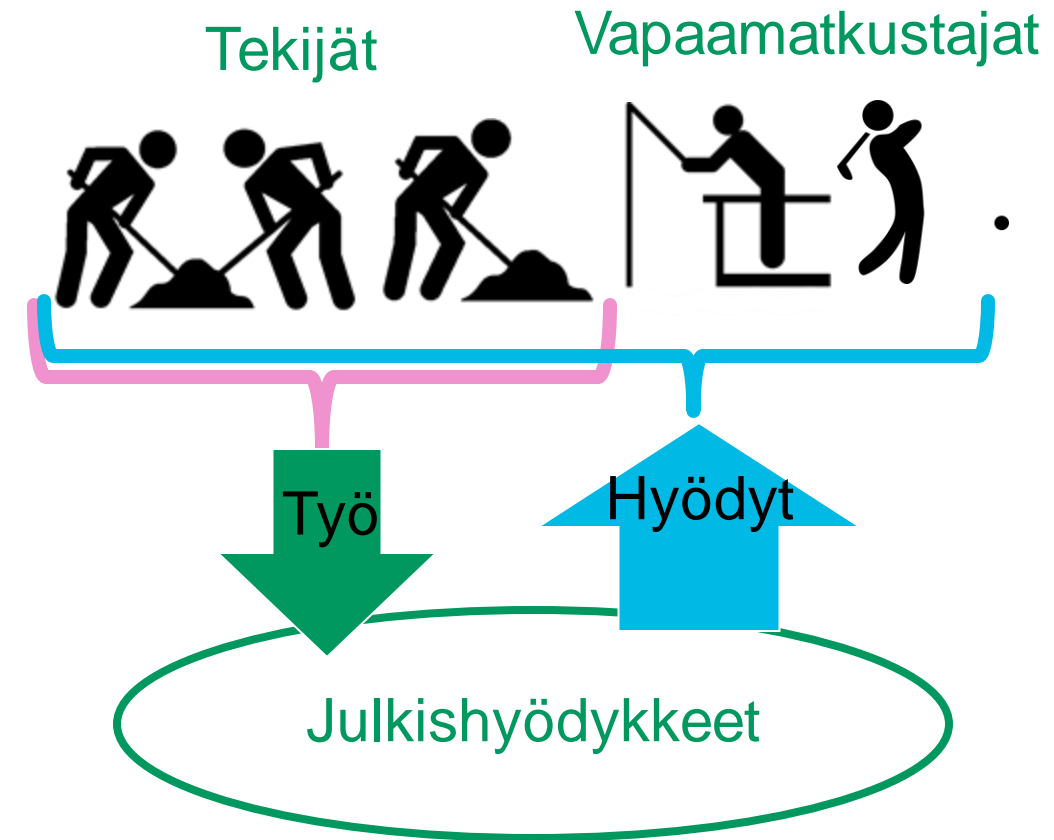
- Kaupalliset liikennevalo-ohjausjärjestelmät
- Sopimukset reititysfirmojen kanssa
- Elektroniset nopeusrajoitusnäytöt ja niiden ohjausjärjestelmä
- Liikennetilanteen informaatiopalvelut
 - Reaaliaikainen reittiopas ja sen pohjalta toteutetut sovellukset
 - Karttasovellukset
 - Autonavigaattorit
 - Muuttuvat opasteet
 - Tieto suoraan automaattiajoneuvojen ohjaukseen



Millä datalla on julkishyödykkeen ominaisuuksia?

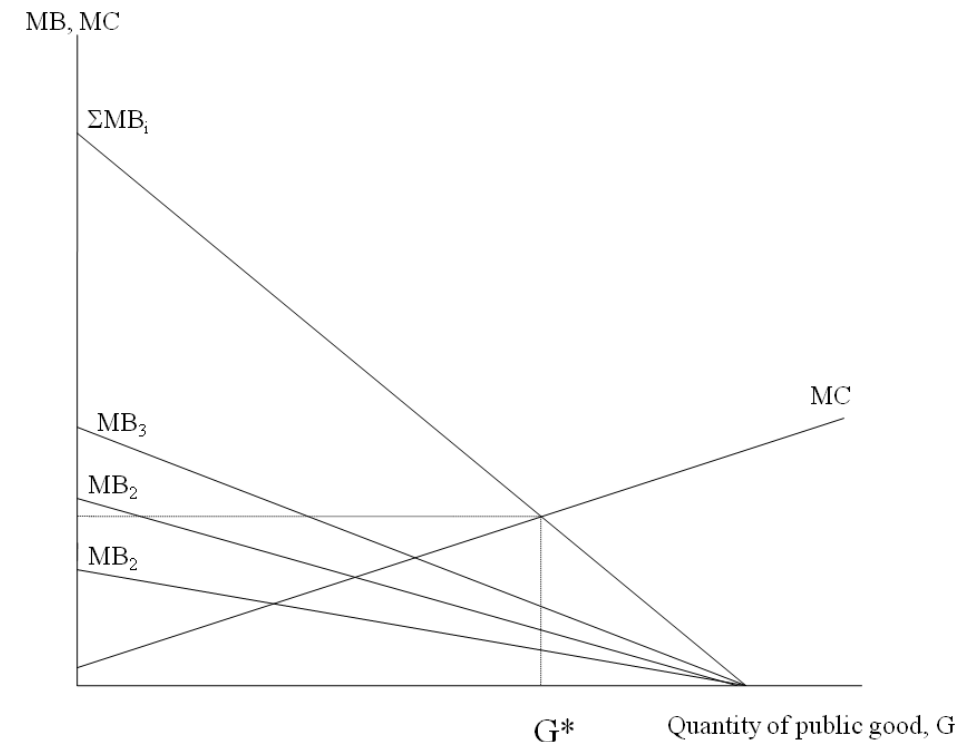
Julkishyödykkeiden teoria

- Taloustieteellisen määritelmän mukaan puhtaalla julkishyödykkeellä on kaksi ominaisuutta
 1. Se on ei-kilpailullinen, eli kun hyödyke on tuotettu, sen kuluttaminen ei vähennä muiden mahdollisuuksia kuluttaa sitä
 2. Se on ei-poissuljettava, eli ketään ei voida estää kuluttamasta sitä
- Jos hyödyke on ei-kilpailullinen, marginaalikustannus sen kuluttamisen ulottamisesta uudelle kuluttajalle on nolla. Tällöin optimaalisen hinnoittelun periaatteen mukaan sen kuluttamisen tulisi olla ilmaista. Jos hyödykkeen kuluttamisesta pitää maksaa, menetetään hyvinvointia, sillä kuluttajat joiden hyöty kuluttamisesta on positiivinen, mutta pienempi kuin hyödykkeen hinta, eivät kuluta hyödykettä.
- Jos hyödyke on ei-poissuljettava, syntyy vapaamatkustajan ongelma eikä hyödykettä tuoteta optimaalista määrää.



Julkishyödykkeiden teoria

- Teorettisessa mallissa ajatellaan, että yksityistä hyödykettä muunnetaan julkishyödykkeeksi
 - Esimerkiksi yksityisen yrityksen työtä ja resursseja majakan rakentamiseksi
- Kansantaloudellisesti optimaalinen määrä julkishyödykettä tuotetaan silloin, kun kuluttajien marginaalihujojen summa vastaa hyödykkeen tuottamisen marginaalikustannusta
- Jos julkishyödykkeen tuottaminen jätetään yksityisten markkinoiden varaan, sitä tuotetaan vähemmän kuin optimaalinen määrä
 - Hyödyke ei kulu, vaikka sitä kulutetaan, joten yhden kuluttajan ostamasta hyödykkeestä hujoyvät kaikki
 - Ketään ei voi estää käyttämästä hyödykettä, joten yritys ei voi estää hyödykkeen käyttämistä ja siten pakottaa muita ostamaan hyödykettä




Kuva: By Fwoolley - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16890949>

Data ”julkis”hyödykkeenä



- Data ei ole puhdas julkishyödyke
 - Data on ei-kilpailullinen hyödyke, sillä sen käyttäminen ei vähennä muiden mahdollisuuksia käyttää sitä
 - Kuitenkin data on poissuljettava hyödyke: salausten menetelmät, datan jakamisen kieltävät sopimukset ja datan säilyttäminen suljetuilla palvelimilla estävät sen vapaan käytön
- Poissuljettavuuden perusteella yksityisilläkin yrityksillä on kannustin tuottaa dataa, mutta datan ei-kilpailullisuuden ja poissuljettavuuden takia dataa ei ole tarjolla tarpeeksi
- Tämä ominaisuusyhdistelmä johtaa helposti luonnollisten monopolien syntymiseen
 - Kuitenkin data usein yritysten oheistuote ja uusien yritysten markkinoille tulo siksi monesti helppoa
 - Ei haluta vähentää yritysten kannustimia tuottaa raakadataa tai käsiteltyä dataa ja tuoda sitä markkinoille
- Avoin data on puhdas julkishyödyke, minkä takia yksityiset yritykset eivät juurikaan tuota avointa dataa.



**Mikä toiminta on datan käytön,
omistajuuden ja sääntelyn
suhteen yhteisen hyvän ja
yleisen edun mukaista?**

Mitkä datan piirteet oikeuttavat sen avaamisvaatimukseen?



Datan ei-kilpailullisuus

- Datan käyttäminen ei vähennä muiden mahdollisuutta käyttää sitä

Positiiviset ulkoisvaikutukset

- Verrattava datan (pakollisesta) avaamisesta syntyviin datan tuottamisen kannustinongelmiin
- Mahdollista myös, että julkinen sektori korvaa datan tuottamisesta aiheutuvat kulut yritykselle ja avaa sitten datan

Kansallinen turvallisuus

- Datan avaaminen vain viranomaiskäyttöön

Datan kerääminen on kallista, eikä prosessia ole järkevää toistaa yhteiskunnan näkökulmasta

- Esimerkiksi onnettomuusdata
- Datan tuottajalle on kuitenkin korvattava tuottamisesta aiheutuvat kustannukset

Miksi toimijat avaisivat dataansa?



PUOLESTA

→ Hyödyt yhteiskunnalle

- Etenkin julkisen sektorin syy avata dataansa
- Kolmannen osapuolen tekemät analyysit tai palvelut datan perusteella
- Hyötyjen kierre: Julkinen sektori avaa dataa jonka avulla yksityinen sektori tuottaa palveluita ja analyyseja julkisen sektorin käyttöön

→ Hyödyt yritykselle

- Ryhmät, joissa olevan datan saa käyttöönsä avatessaan oman vastaavan datan
- Yhteiskuntavastuullinen (CSR) toiminta

VASTAAN

→ Yrityssalaisuudet ja kilpailuetu

- Yritysten hallussa oleva data voi olla arvokasta liiketoiminnan kannalta

→ Kansallinen turvallisuus

→ Datan tuottamisen kannustinongelmat

- Jos yrityksen täytyy avata tuottamansa data eikä se pääse hyötymään siitä täysimääräisesti, voi olla että dataa tuotetaan vähemmän kuin pitäisi
- Esimerkiksi jos liikennedata voidaan pakottaa auki, ei relevantista datasta jalostettua liikennedataa kannattaisi tuottaa, sillä jalostamiseen käytettyä investointia ei saisi takaisin

Datan jakamisen periaatteita



→ EU on ehdottanut seuraavia periaatteita koneiden tuottaman, ei henkilötietoja sisältävän B2B- ja B2G-datan jakamiselle

Periaate	Kuvaus
Läpinäkyvyys	Sopimusten täytyy selkeästi kertoa, (i) kuka saa pääsyn dataan, datan tyyppi ja miten tarkkaa data on, (ii) mihin dataa käytetään
Yhteinen arvonmuodostus	Sopimuksissa tunnistetaan, että koneiden tuottaman datan synnyttämiseen on osallistunut useita osapuolia.
Osapuolten kaupallisten intressien kunnioitus	Sopimusten pitää kunnioittaa sekä datan hallussapitäjien, että datan käyttäjien kaupallisia intressejä.
Vapaan kilpailun takaaminen	Sopimusten tulee varmistaa vapaa kilpailu kun kyseessä on kaupallisesti arvokas data.
Datan lukkiutumisen minimointi	Yritysten tulee varmistaa, että dataa voidaan hyödyntää. Lisäksi yritysten tulee tarjota palveluita jotka eivät vaadi datan siirtoa vastaavien datasiirtoa vaativien palvelujen rinnalla.

Lähde: European Commission (2018). Guidance on sharing private sector data in the European data economy. *Commission Staff Working Document*.

Datan jakamisen periaatteita

→ EU on ehdottanut seuraavia periaatteita erityisesti B2G datan jakamiselle

Periaate	Kuvaus
Suhteellisuus yksityisen sektorin datan käytössä	Jaettavalle datalle tulee olla selkeä ja näytettävissä oleva julkinen hyöty. Jaettavan datan tulee olla tarpeellista esitetyn hyödyn saamiselle.
Tarkoituksen rajaaminen	Yksityiseltä sektorilta saatavan datan käyttökohteen tulee olla selkeästi rajattu.
Vahingoittamattomuuden periaate	Datan jakamisessa on varmistettava että yrityssalaisuudet ja muut kaupallisesti herkäät tiedot pysyvät salassa. Yritysten tulee pystyä hyötymään datasta tehtyjä päätelmiä kaupallisesti datan jakamisen jälkeenkin.
Uudelleenkäytön ehdot	Datan jakamisen tulee hyödyttää molempia osapuolia kuitenkin ottaen huomioon yhteisen edun tavoitteet antamalla julkiselle toimijalle etuuskohtelun verrattuna muihin toimijoihin.
Yksityisen sektorin datan rajoitusten vähentäminen	Yksityisen sektorin tulee antaa tarvittavaa ohjausta jakamansa datan rajoitusten ja vinoumien tunnistamiseen. Yrityksiltä ei tule vaatia datan laadun parantamista. Julkisten toimijoiden tulee varmistaa, että eri lähteistä tulevaa dataa käsitellään siten, ettei valintaharhaa synny.
Läpinäkyvyys ja yhteisön osallistaminen	B2G yhteistyön tulee olla läpinäkyvää toimijoiden ja tavoitteiden osalta. Julkisten toimijoiden näkemysten ja parhaiden käytäntöjen tulee olla julkisia kunhan ne eivät vaaranna datan luottamuksellisuutta.

Lähde: European Commission (2018). Guidance on sharing private sector data in the European data economy. *Commission Staff Working Document*.

Datatrendejä



Automaattiajoneuvojen datatarpeet



- Nykyisellään automaattiajoneuvot kaipaavat suuria määriä harjoitusdataa erilaisista liikennetilanteista ja olosuhteista
 - Yritykset keräävät tätä dataa jo itsenäisesti (autonvalmistajat, sekä ohjelmistoyritykset)
- Tulevaisuudessa infrastruktuuri voi kerätä ja välittää tietoa automaattiajoneuvoille. Infrastruktuurin tulee kuitenkin olla hyvin häiriökestävää ja ajoneuvojen tulee pystyä liikkumaan myös ilman infrastruktuurin tuottamia tietoja
 - Kerättyä tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi liikennetilanteen kartoittamiseen
- Suuri osa ajoneuvojen välisestä kommunikaatiosta on turvallisuuslähtöistä: muiden ajoneuvojen sijainnit ja nopeudet, esteet, tietyöt, infrastruktuurin muodot
- CAR2CAR Communication Consortium on ehdottanut, että tieinfrastruktuuri välittäisi tietoa mm. nopeusrajoituksista, liikennevalojen vaiheesta, sekä tietöistä
 - Muita mahdollisia tietoja ovat vapaiden pysäköintipaikkojen määrä ja sijainnit sekä tieopasteet
- Ajoneuvot voivat muodostaa keskenään verkon, jossa ne päättävät kulkemansa reitit koordinoitusti tai välittää tietoa liikennetilanteesta ja vapaista parkkipaikoista
 - DIVERT: A Distributed Vehicular Traffic Re-routing System for Congestion Avoidance

Trendejä



Trendi	Liikkumispäätöksen osa	Vaikutukset	Datamahdollisuudet	Tarvittava data
Asioiden internet	Lähtöajat Kulikutapa	Reaaliaikainen kuva liikennetilanteesta auttaa ruuhka-aikojen välttämässä ja parhaan kulkumuodon valitsemisessa matkalle. Esimerkiksi tieto parkkipaikkojen saatavuudesta määränpäässä voi vaikuttaa kulkutavan valintaan.	Parkkipaikkojen vapautuminen Ihmisvirrat Liikennelaskenta	
Automaattiajoneuvot	Ajonepeudet Reitit	Automaattisten ja kommunikoivien autojen reitinvalintaa voidaan tehdä koordinoitusti autojen välillä ja siten päästä lähemmäs systeemioptimia. Automaattiset ajoneuvot noudattavat tarkasti nopeusrajoituksia, mikä kasvattaa myös mahdollisuuksia liikenteen ohjaamiseen muuttuvilla nopeusrajoituksilla.	Ajoneuvojen sijainnit O-D data automaattiautojen käytöstä Reaaliaikaisen informaation levittäminen suoraan ajoneuvoon	HD-kartat
On-Demand palveluistuminen		On-Demand palveluistuminen kasvattaa kuluttajien odotuksia reaaliaikaisen tiedon ja palvelun saamisessa. Lisäksi erilaiset tavaroiden ja ruuan kotiinkuljetuspalvelut voivat kasvattaa liikennesuoritetta, sillä aiemmin ketjutetut matkat tehdään erillisinä matkoina. Toisaalta tilauksien onnistunut yhdistely voi vähentää tätä vaikutusta.	O-D data kuljetuksista Asiakasdata	
Jakamistalous	Kulikutapa	Jakamistalous tarkoittaa liikenteessä ensisijaisesti autojen ja kyytien jakamista ja helpottaa siten satunnaisten automatkojen tekemistä. Tämä voi lisätä autolla tehtävien matkojen määrää, mutta myös kasvattaa henkilöautojen keskiuormitusta. Datamahdollisuudet liittyvät suurimmalta osin yritysten asiakas- ja käyttödataan	O-D data jaettujen autojen käytöstä Asiakasdata	

Johtopäätöksiä



- Datan keräämisen tulee olla tavoitelähtöistä
 - Kun työkalu jota halutaan hyödyntää on valittu, voidaan arvioida tarvittavan datan laatua ja määrää
- Liikenteen hallintaan tarvitaan reaaliaikainen kuva verkosta ja sen liikennetilanteesta
 - Lisäksi rakennusten reaaliaikaiset kävijätiedot voivat auttaa liikennekysynnän lyhyen aikavälin ennustamisessa
 - Liikkujien määrät julkisissa kulkuvälineissä ja henkilöautoissa, mahdollistaa ohjauksen viemisen ihmisten, ei ajoneuvojen liikkumisen suuntaan
- Kehitetään lyhyen ja pitkän aikavälin kysyntämalleja, jotta eri toimenpiteiden vaikuttavuudesta saadaan parempi käsitys
 - Lyhyen aikavälin kysyntämallit tuottavat tietoa etenkin häiriötilanteiden hallintaan liikennejärjestelmätasolla. Kun häiriöiden vaikutus tunnetaan, ennakoinnilla ja viestinnällä voidaan tarvittaessa ohjata myös kulkutavan ja lähtöajan valintaa
 - Pitkän aikavälin malleilla voidaan parantaa uusinvestointien ja perusväylänpidon toimenpiteiden vaikuttavuutta
- Kaupungistuminen, väestön vanheneminen ja ilmastonmuutos kasvattavat ruuhkia, päästöjä sekä liikenteen kysyntää
 - Ongelmien aiheuttamat kustannukset kasvavat, joten niiden lievittämiseen tarvittavaa dataa on kannattavampaa kerätä
- Käyttäjien vaatimustaso reaaliaikaista informaatiota kohtaan kasvaa
 - Liikkumisvalintoja helpottavaa tietoa, kuten liikennemäärät, myöhästymiset, aikataulut ja ruuhkat odotetaan saatavan yhä helpommin ja reaaliaikaisemmin
 - Liikkujat voivat myös olla valmiita maksamaan tiedosta, joka säästää aikaa tai vaivaa

Johtopäätöksiä



- Kehittynyt analytiikka mahdollistaa tarkemmat analyysit ja vähentää datan keräämisen tarvetta ja siten kustannuksia, esim.
 - Aktiviteettipohjaiset mallit
 - Liikennekysynnän yksilömallit kykenevät parempaan tarkkuuteen aktiviteettien ja ruuhkahuippujen ennustamisessa. Ennustamisen tarkkuus vaatii myös dataa aktiviteettipaikoista, sekä päiväsuunnitelman tekoon vaikuttavista muuttujista.
 - Kauppojen, työpaikkojen, koulujen sijainnit ja aukioloajat
 - Aktiviteettien kestot
 - Myöhästymisen, odottamisen tai ajoissa olemisen kustannukset
 - Perheenjäsenten päiväsuunnitelmien vaikutukset toisiinsa
 - Kuluttajakäyttäytymisen analysointi
 - Jotta saataisiin parempaa tietoa eri ihmisryhmien liikennetarpeista, pitää liikkumisen kysyntädatan olla yhdistettävissä sosioekonomisiin ja muihin liikkumiskysyntään vaikuttaviin muuttujiin
 - Datan anonymisointi on haaste tietojen yhdistettävyydelle
- Tulevaisuuden tietotarpeiden ja analytiikkamahdollisuuksien ennakointi on suositeltavaa – samanaikaisesti voidaan tutkia useampaa mallisuuntaa mahdollisuuksien kartoittamiseksi. Tulevaisuuden analytiikan tietotarpeet kannattaa tunnistaa jo ennen niiden varsinaista käyttöönottoa riittävän aikasarjatiedon turvaamiseksi.

Suosituksset MAL 2019 -työhön



- Kerätään ja hyödynnetään dataa tavoitelähtöisesti
 - Identifioidaan ratkaistava ongelma tai tulevaisuuden tarve
 - Selvitetään keinot, joilla ongelma voidaan ratkaista
 - Tunnistetaan data, jota tarvitaan ratkaisun/päätöksen tekemiseksi
 - Kerätään data hankkimalla muulta organisaatiolta tai tuottamalla se itse
- Testataan ja otetaan käyttöön uutta analytiikkaa
 - Kaikkea tietoa ei tarvitse kysyä ja kerätä, jos sen saa tuotettua analytiikalla
 - Mahdollista myös ostaa analyysejä yksityisiltä yrityksiltä, joilla on hallussaan dataa liikkumisesta
- Luodaan avoimet periaatteet datan avaamiseen, jakamiseen ja datayhteistyöhön eri osapuolten kanssa
- Toteutetaan PPP-yhteistyönä potentiaalisimpia datan jakamismalleja
 - Datan luovuttaminen
 - Yritykset voivat luovuttaa dataansa, jos sitä hyödynnetään CSR-hengessä ihmisten liikkumismahdollisuuksien parantamiseen
 - B2G datayhteistyö
 - Erityisesti taksin kaltaiset palvelut voivat hyötyä datansa jakamisesta, jos sen avulla liikenne sujuu paremmin
 - Joukkoliikenteen järjestäjällä on hallussaan paljon liikkumistietoa (matkakorttitiedot, nousijatiedot), jonka jakamisesta voi olla hyötyä yrityksille
 - Tärkeää varmistaa eri toimijoiden tasapuolinen kohtelu. Voidaan toteuttaa uusien toimijoiden kanssa siten, että toimija sitoutuu sopimuksessa avaamaan tulevaisuuden datansa joukkoliikenteen järjestäjän/kaupungin käyttöön
 - Datan ostaminen
 - Mahdollisuutena myös viranomaisroolin hyödyntäminen yksityisen datan avaamisessa
- Tunnistetaan dataan liittyvät regulointitarpeet, sen vaikutukset ja reguloidaan tarvittaessa
- Avataan mahdollisimman paljon dataa käyttöön ja jatkojalostettavaksi
 - Avoin data on julkishyödyke, joten dataa kannattaa avata mahdollisimman paljon ottaen kuitenkin huomioon mahdollisuuden vaihtaa sitä yksityisten yritysten dataan
- **Datan ei tarvitse olla täydellistä, että sitä voidaan hyödyntää analyyseissa ja matkustajainformaatioissa**

Ehdotus tavoitelähtöisen datan keruun prosessiksi



Ehdotetut toimenpiteet MAL 2019 -työhön



PPP

Viranomaisyhteistyö

Sisäinen

Avoimuuden ja datan käyttöoikeuksien määrittely hankinnoissa

Datan jakamisen alustan/markkinapaikan kehittäminen

- Alusta jossa yritykset voivat jakaa dataa toistensa ja HSL:n kanssa, sekä käydä kauppaa datalla

Nykyisten datavarantojen inventaari

Yhteistyön valmisteleminen toimijoiden kanssa, jotka hallitsevat tunnistettuja ohjausmekanismeja

- Sopivien datan jakamisen mallien kokeileminen yritysten kanssa
- Luottamuksen rakentaminen sopimuksin ja toimintatavoin kumppanuusyrityksien kanssa datan jakamisen periaatteiden avulla

MAL-tavoitteiden jalkauttaminen liikenteenohjaukseen

- Liikenteenohjauksen tavoitteiden valitseminen siten, että ne tukevat MAL-tavoitteita

Aktiivinen rooli verkottuneiden ajoneuvojen datanvaihdon standardien kehityksessä ja ylläpidossa

- Muun muassa Open311 –standardi sekä Car2Car Communication Consortiumin ja EU:n CoEXist-projektin toiminnan seuraaminen

Liikkumisdatan avaaminen loppukäyttäjien ja palvelutuottajien käyttöön, esimerkiksi nousijamäärät tunneittain ja parkkipaikkojen saatavuus

- Data anonymisoitava tai pseudonymisoitava ennen avaamista
- Myös raakadatan avaaminen hyödyllistä

Tavoitteita palvelevien ohjausmekanismien tunnistaminen

Nykyisen infrastruktuurin mahdollisuuksien tunnistaminen datan lähteenä

- Parkkihallit
- Nopeusvalvontakamerat
- Kaikkien julkisen liikenteen ajoneuvojen paikannus

Ohjausmenetelmien kehittäminen

- Lyhyen aikavälin liikenne-ennustemalli
- Verkkotason liikennevalo-ohjausmenetelmä
- Muuttuvien nopeusrajoitusten aktiivinen käyttö
- Julkisen liikenteen ja autoilun ruuhkatietopalvelu

Tulevaisuuden datatarpeiden tunnistamisen systematisointi esimerkiksi MAL-suunnittelun yhteyteen

- Seurauksena tulevaisuuden datatarpeisiin kyetään vastaamaan ja datan kerääminen aloittamaan ennen kuin tarpeet muuttuvat kriittisiksi

Ehdotetut toimenpiteet MAL 2019 -työhön



Toimenpiteet

Nykyisten datavarantojen inventaari	■
MAL-tavoitteiden jalkauttaminen liikenteenohjaukseen	■
Tavoitteita palvelevien ohjausmekanismien tunnistaminen	■
Yhteistyön valmisteleminen toimijoiden kanssa, jotka hallitsevat tunnistettuja ohjausmekanismeja	■
Ohjausmenetelmien kehittäminen	■
Tulevaisuuden datatarpeiden tunnistamisen systematisointi esimerkiksi MAL-suunnittelun yhteyteen	■
Nykyisen infrastruktuurin mahdollisuuksien tunnistaminen datan lähteenä	■
Avoimuuden ja datan käyttöoikeuksien määrittely hankinnoissa	■
Liikkumisdatan avaaminen loppukäyttäjien ja palvelutuottajien käyttöön	■
Datan jakamisen alustan/markkinapaikan kehittäminen	■
Aktiivinen rooli verkottuneiden ajoneuvojen datanvaihdon standardien kehityksessä	■

- PPP
- Viranomaisyhteistyö
- Sisäinen



- Youn, H., Gastner, M. T., & Jeong, H. (2008). Price of anarchy in transportation networks: efficiency and optimality control. *Physical review letters*, 101(12), 128701.
- Arentze, T., & Timmermans, H. (2000). *Albatross: a learning based transportation oriented simulation system* (pp. 6-70). Eindhoven: Eirass.
- Bowman, J. L., & Ben-Akiva, M. E. (2001). Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation research part a: policy and practice*, 35(1), 1-28.
- Cottrill, C. D. (2015). Location privacy preferences: A survey-based analysis of consumer awareness, trade-off and decision-making. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 132-148.
- Morioka, M., Kuramochi, K., Mishina, Y., Akiyama, T., & Taniguchi, N. (2015). City management platform using big data from people and traffic flows. *Hitachi Review*, 64(1), 53. <https://www.businesstimes.com.sg/transport/singapore-to-use-big-data-analytics-for-smarter-greener-transport-system>
- Xu, Z., Liu, Y., Yen, N., Mei, L., Luo, X., Wei, X., & Hu, C. (2016). Crowdsourcing based description of urban emergency events using social media big data. *IEEE Transactions on Cloud Computing*.
- Kawasaki, S. (2015). The challenges of transportation/traffic statistics in Japan and directions for the future. *IATSS research*, 39(1), 1-8.
- Daas, P. J., Puts, M. J., Buelens, B., & van den Hurk, P. A. (2015). Big data as a source for official statistics. *Journal of Official Statistics*, 31(2), 249-262.
- The Institution of Engineering and Technology. Big Data in Transport. *IET Sector Insights*.
- Drexl, J. (2016). Designing Competitive Markets for Industrial Data-Between Propertisation and Access.
- European Commission (2018). Towards a common European data space. *Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions*.
- European Commission (2018). Guidance on sharing private sector data in the European data economy. *Commission Staff Working Document*.
- European Commission (2018). Study on data sharing between companies in Europe. *Final Report*.
- Holcombe, R. G. (1997). A theory of the theory of public goods. *The Review of Austrian Economics*, 10(1), 1-22.
- Minasian, J. R. (1964). Television pricing and the theory of public goods. *The Journal of Law and Economics*, 7, 71-80. http://public.econ.duke.edu/~hf14/teaching/econ681b_spring03/pgslides1.pdf
- WSP (2016). New Mobility. *White Paper*.
- Pan, J., & Borcea, C. Vehicular Sensor Networks.
- Hakeem, A., Gehani, N., Ding, X., Curtmola, R., & Borcea, C. (2016, December). On-The-Fly Curbside Parking Assignment. In *Proceedings of the 8th EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services, ser. MobiCASE* (Vol. 16, pp. 1-10).
- Pan, J. S., Popa, I. S., & Borcea, C. (2017). Divert: A distributed vehicular traffic re-routing system for congestion avoidance. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 16(1), 58-72.

Operatiivisen ohjauksen tietotarpeet

