

MS-E2177 Operaatitutkimuksen projektityöseminaari

Junien peruuntumistodennäköisyyksien hyödyntäminen veturinkuljettajien työvuoroluetteloiden suunnittelussa

Väliraportti

19.4.2017

Tapio Hautamäki, 345312 (projektipäällikkö)

Juhani Mutikainen, 218245

Johanna Piipponen, 292180

1 Tausta ja tavoitteet

Veturinkuljettajat VR:n junaliikennöintidivisioonassa ajavat sekä kaukoliikenteen henkilöjunia että tavarajunia. Yhteen työvuoroon voi kuulua sekä henkilö- että tavarajunia, ja yksi työvuoroluettelo on kolmen viikon pituinen. Työvuoroluettelot annetaan kuljettajille etukäteen ja luetteloon on hankala tehdä muutoksia myöhemmin, vaikka muutoksille on usein tarvetta. Henkilöjunia perutaan harvoin, mutta tavarajunien kannalta tilanne on toinen: tavarajunia voidaan perua työvuoroluetteloiden laatimisen jälkeen tai niitä voi tulla lisää.

Osa veturinkuljettajista on "heittomiehiä", joille työvuoroluetteloita ei tarvitse julkaista viikkoja etukäteen vaan vasta edellisenä iltana. Nämä heittomiehet hoitavat ne ylimääräiset työvuorot, joille ei ole kuljettajia, ja heitä on enintään 17 % kuljettajista. Työvuoro jää heittomiehille ajettavaksi, kun

- a) vuoron oikea kuljettaja on yllättäen poissa,
- b) tulee tarve lisäjunien ajamiselle,
- c) tai kun vuoroa ei ole suunniteltu työvuoroluetteloon.

Tavoitteena projektissa on auttaa työvuorosuunnittelijoita päättämään, mitkä työvuorot kannattaa sijoittaa työvuoroluetteloon ja mitkä jättää heittoon. Jotta välttyttäisiin ylityökustannuksilta, työvuoroluetteloon kannattaa laittaa sellaisia työvuoroja, joiden junat eivät peruunnu herkästi tai joissa junien peruuntuminen ei vähennä työaikaa merkittävästi. Tarkoituksena onkin siis tunnistaa junien peruuntumistodennäköisyys, peruuntumisten vaikutus työvuoroon sekä esittää käyttäjästävällisesti nämä kaksi tekijää suunnittelijoiden avuksi.

2 Projektin nykytila

Projekti jakautuu kolmeen päätehtävään: junien peruuntumistodennäköisyyksien ennustamiseen, peruuntumisten vaikutuksen tunnistamiseen työvuorossa sekä selkeän päätöksentekoa tukevan käyttöliittymän luomiseen. Tässä osiossa käydään läpi näiden päätehtävien nykytilanne. Alustava versio työkalusta on olemassa, ja se on toteutettu R-ohjelmointikielellä.

Työkalu laskee peruuntumistodennäköisyydet junille toteuman perusteella joko viikonpäiväkohtaisesti tai viikonpäivästä riippumatta. Nämä kaksi mallia laskevat junan todennäköisyyden suoraan peruttujen vuorojen osuutena kaikista menneistä vuoroista. Dataa toteumasta on saatavilla maaliskuusta 2015 lähtien. Lisäksi työkaluun on toteutettu testiominaisuus, jolla erilaisia ennustemalleja voi vertailla. Ennustettava toteuma erotetaan testiominaisuutta varten mallin sovittamiseen käytettävästä datasta. Testiominaisuus laskee ennustemalleille toteuman ja ennusteen välisen virheen erotuksen neliösummana ja piirtää mallien ennustekykä havainnollistavia kuvaajia. Virhe lasketaan tällä hetkellä erotuksen neliösummana, mutta myös bootstrap-luottamusvälejä aiotaan hyödyntää keski- ja mediaanivirheen laskemiseen. Viikonpäiväkohtainen ja viikonpäivästä riippumaton malli ovat testien mukaan suunnilleen yhtä hyviä. Projektissa aiotaan vielä toteuttaa logistinen regressiomalli sekä mahdollisesti varsinaisia aikasarjamalleja. Erityisesti aikasarjamallien toteuttamista vaikeuttaa kuitenkin se, että toteumat ovat binääristä dataa, joten aikasarjamalleista tulee valita sellaiselle datalle sopiva variaatio. On kuitenkin mahdollista, että pelkkä menneeseen dataan perustuva keskiarvo on yhtä tarkka tai

tarkempi kuin muut mallit. Projektin onnistuminen ei siis vaadi näitä kehittyneempiä malleja. Testiominaisuuden ansiosta uusia malleja on helppo kehittää ja vertailla vanhoihin projektin jälkeenkin.

Peruuntumisten vaikutus työvuoroon on työkalussa käytännössä valmis. Suunnittelijoiden kanssa käytyjen keskustelujen ja demojen perusteella on päädytty mallintamaan näitä vaikutuksia kahdella työvuorokohtaisella muuttujalla: muiden työtehtävien kuin siirtymätehtävien ajallinen osuus ko. työvuorosta ja ns. kylmäasemilta lähtevien työtehtävien ajallinen osuus ko. työvuorosta. Siirtymätehtävä tarkoittaa työtehtävää, jossa kuljettaja siirtyy asemalta toiselle esimerkiksi autolla tai matkustajana junassa. Kylmäasemat ovat puolestaan juna-asemia, joilla ei ole kuskeja eikä vetureita. Molemmat muuttujat saavat siis arvoja välillä 0-1, ja mitä lähempänä ykköstä, sitä pienempi vaikutus peruuntuvilla junilla on kyseisessä työvuorossa (ja toisinpäin). Muuttujien laskeminen annetusta työvuorosta on yksinkertaista, ja niiden merkitys on helposti ymmärrettävissä, koska ne ovat suhteellisia osuuksia. Lisäksi ne sisältävät oleellisen informaation peruuntumisten vaikutuksista.

Työkalun käyttöliittymä on myös käytännössä valmis. Työkalun avulla suunnittelija saa taulukon tai taulukoita, joissa ovat halutun aikajakson työvuorot. Taulukon rivit ovat työvuoroja ja sarakkeet muuttujien arvoja. Ensimmäinen sarake vastaa todennäköisyyttä, jolla työvuoron kaikki junat ajetaan. Työvuorot on järjestetty tämän arvon mukaan taulukossa. Tämän jälkeen tulevat työvuoron ominaisuuksia kuvaavat kaksi muuttujaa (siirtymien ja miehistöpaikoilta lähtevien junien osuus). Muuttujien arvon sijaan taulukossa on ilmaistu väreillä, onko muuttujan arvo merkittävä ja kumpaan suuntaan vaikutus on. Suunnittelijan on tarkoitus laittaa työvuorot työvuoroluetteloon ensisijaisesti todennäköisyyden perusteella. Jos työvuoromuuttujat ovat kuitenkin selvästi poikkeavia, suunnittelijan kannattaa tehdä poikkeuksia harkintansa mukaan. Suunnittelijat ovat olleet tyytyväisiä käyttöliittymään, mutta sitä on myös helppo jatkokehittää projektin jälkeen. Oheinen kuva havainnollistaa käyttöliittymää.

tyovuorot	p *	kuinka_paljon_kylmaasemia	kuinka_paljon_siirtymaa
10394	0.718131030980193	EI KYLMÄASEMIA	EI SIIRTYMÄÄ
30077	0.73184689573195		EI SIIRTYMÄÄ
30059	0.735291278070633	PALJON KYLMÄASEMIA	EI SIIRTYMÄÄ
10095	0.75		EI SIIRTYMÄÄ
10032	0.75875486381323	EI KYLMÄASEMIA	EI SIIRTYMÄÄ
30040	0.771007084566407	EI KYLMÄASEMIA	EI SIIRTYMÄÄ
30020	0.773817843000233	EI KYLMÄASEMIA	
10138	0.784636488340192	PALJON KYLMÄASEMIA	
30176	0.788487282463186		
10455	0.838509316770186	PALJON KYLMÄASEMIA	PALJON SIIRTYMÄÄ

3 Tehdyt tehtävät

Projekti voidaan jakaa yhdeksään tehtävään, joilla vastataan sekä asiakkaan että kurssin vaatimuksiin.

1. **Projektin suunnittelu asiakkaan kanssa:** Valmis
2. **Dataan tutustuminen:** Valmis
3. **Kirjallisuuteen tutustuminen:** Osittain kesken. Logistisen regressiomallin ja aikasarjamallien toteuttamisessa tulee vielä paneutua syvemmin näihin liittyvään kirjallisuuteen.
4. **Junien peruuntumisen vaikutus työvuoroon:** Valmis
5. **Kulkudatan hyödyntäminen:** Osittain kesken. Ennustemalleja on olemassa jo kaksi erilaista, mutta uusia pyritään kehittämään vielä.
6. **Työkalun käyttöliittymän luominen:** Valmis
7. **Dokumentointi:** Kesken. Tehtyjä funktioita on pyritty kommentoimaan jo niitä kirjoittaessa, mutta yleisessä dokumentoinnissa on vielä tehtävää.
8. **Verifiointi ja validointi:** Lähes valmis. Uusia ennustemalleja vertaillaan vielä vanhoihin malleihin työkalun testausominaisuudella.
9. **Loppuraportti:** Kesken. Loppuraportin kirjoittaminen aloitetaan lähiviikkoina.

4 Aikataulu

Oheisessa taulukossa on projektin suunniteltu aikataulu. Merkittävin myöhästymisen on projektin dokumentoinnissa (7). Lisäksi ennustemallit (3, 5) ovat osittain myöhässä, mutta niiden lisäkehitys ei ole projektin onnistumiselle välttämätöntä. Suunniteltuun aikatauluun on kuitenkin onneksi jätetty pelivaraa loppuvaiheille.

Tehtävä \ Viikkonumero	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Projektin suunnittelu																		
2. Dataan tutustuminen																		
3. Kirjallisuuteen tutustuminen																		
4. Junien peruuntumisen vaikutus																		
5. Kulkudatan hyödyntäminen																		
6. Käyttöliittymän luominen																		
7. Dokumentointi																		
8. Verifiointi ja validointi																		
9. Loppuraportti																		

5 Riskit

Oheisessa taulukossa on projektisuunnitelmassa hahmotellut projektin riskit. Uhkat on onnistuttu välttämään pääsääntöisesti. Aikataulu ei ole osittain pitänyt, minkä todennäköisyys oli arvioitu keskisuureksi. Projekti on jo niin pitkällä, että selvästi merkittävin uhka jatkossakin on aikataulun pitämättömyys.

Uhka	Todennäköisyys	Vaikutus	Torjuminen
Projektiryhmän jäsenet eivät ole sitoutuneita.	Pieni	Suuri: Työmäärä on mitoitettu kolmelle jäsenelle	Projektiryhmän sisäinen keskustelu ennen projektin aloitusta
Projektipäällikkö ei suoriudu tehtävästään.	Pieni	Keskisuuri: Suunniteltu aikataulu ei pidä ja työn laatu kärsii.	Palautteenantoa projektiryhmän sisällä, jäsenten välinen vuoropuhelu
Aikataulu ei pidä.	Keskisuuri	Keskisuuri: Stressi kasvaa ja työn laatu kärsii.	Projektiryhmätapaamisia useammin, projektiryhmän sisäisiä määräaikoja, tapaamiset asiakkaan kanssa
Ongelmat kulkudatan kanssa	Pieni	Keskisuuri: Aikasarjamallin luominen vaikeutuu ja hidastuu.	Dataan keskitytään projektiryhmän voimin, lisätietoja voi kysyä myös Liikennevirastolta.
Mallin valinta epäonnistuu.	Keskisuuri	Suuri: Tärkein osa koko projektia ja aiheuttaa tappioita asiakkaalle.	Aikasarja-analyysin kertaaminen, oletuksien läpikäynti VR:n kanssa, dokumentointi
Suunnittelutyökalu ei ole suunnittelijoiden mieleen.	Keskisuuri	Keskisuuri: Työkalua ei käytettäisi, mutta taustatiedot olisivat olemassa	Tiivis työskentely suunnittelijoiden kanssa, työkalujen beetatestaus
Yhteydenpito asiakkaan kanssa ei ole sujuvaa	Keskisuuri	Keskisuuri: Tärkeitä asioita jää huomiotta ja työ ei etene puuttuvien tietojen takia.	Jokaisessa tapaamisessa pyritään sopimaan seuraavan tapaamisen ajankohta. Yhteinen Slack-keskustelu.