

INFORS

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

2 / 2017



FORS, Suomen Operaatiotutkimusseura ry

Finnish Operations Research Society

www.operaatiotutkimus.fi

**Suomen Operaatiotutkimusseura ry:n
jäsenlehti INFORS
N:o 2 – 2017**

Suomen Operaatiotutkimusseura ry
PL 702, 00101 Helsinki
<http://www.operaatiotutkimus.fi/>

Vastaava päätoimittaja, seuran puheenjohtaja:

Mikael Collan
Lappeenrannan teknillinen yliopisto,
Strategy, Management & Accounting
PL 20, 53851 Lappeenranta
Mikael.Collan@lut.fi

Toimittaja, seuran sihteeri:

Tommi Pajala
Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu
Tieto- ja palvelutalouden laitos
PL 21220, 00076 Aalto
tommi.pajala@aalto.fi

Jäsenmaksun suuruus:

30 euroa / vuosi
jatko-opiskelijat 25 euroa/vuosi
perusopiskelijat 0 euroa / vuosi

Mainoshinnat:

Sivu 150 euroa
½ Sivua 100 euroa
Takakansi 300 euroa
Sama ilmoitus seuraavissa numeroissa 50%
alennuksella

SISÄLTÖ

Puheenjohtajan palsta	3
Äänestysäännön, päätösvallan ja päätöksenteon tehokkuuden monimutkaiset suhteet – esimerkki Euroopan unionista	4
IFSA-SCIS-kongressi – Otsu, Japani	9
EUSFLAT-kongressi – Varsova, Puola	12
INFORMS 2017 - Houston	14
Lotfi Zadeh 1921-2017	15
Käytännön oppeja Kagglen data science -kilpailuista	16
Opinnäytetöitä	19
Tapahtumakalenteri	19

Puheenjohtajan palsta

Prof. Mikael Collan, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, mikael.collan@lut.fi

Olen viimeiset viisi vuotta ollut mukana FORSin hallituksessa mukana, ensin pari vuotta hallituksen rivijäsenenä ja sitten kolme vuotta puheenjohtajana. Nämä ovat olleet mielenkiintoisia vuosia, sillä olen tutustunut moneen uuteen operaatiotutkimuksesta kiinnostuneeseen henkilöön, ja osallistunut lähes kaikkiin seuran järjestämiin tapahtumiin.

Kun aloitin, tapahtuivat kokoukset pääasiallisesti Helsingissä saman pöydän ääressä. Nykyään tapaamme vuoden aikana pari-kolme kertaa "henkilökohtaisesti" ja loput kokouksista, joita on yleensä vuodessa noin kymmenen, pidetään kokouspuheluina Skypellä. Kokoukset kestävät yleensä noin tunnin ja niiden kokoonkutsumisen ja asialistan kasaamisen hoitaa seuran sihteeri.

Tyypillisen kokouksen sisältöön kuuluvat liittyvät ja eroavat jäsenet, taloustilannekatsaus, ja seuran "vuosikellon asiat". Käytännössä hallitus vastaa mm. OR seminaarien järjestämisestä ja näitähän on tyypillisesti vuosittain kaksi - keväällä ja syksyllä. Lisäksi on ollut tapana valita "vuoden OR henkilö". Hallitus vastaa lisäksi luonnollisesti seuran talousasioiden hoitamisesta ja kevät ja syyskokousten organisoinnista.

Viime kokouksessa olemme normaalin asialistan lisäksi keskustelleet seuran verkkosivujen uudistamisesta ja päättäneet mm. sivujen uudesta ulkonäöstä.

Seuran hallituksen työskentely on hyvässä hengessä tapahtuvaa toimintaa. Tähän mennessä kokemukseni on, että kaikki hallituksen jäsenet ymmärtävät, että "teemme parhaamme niiden rajoitusten puitteissa" - eli hyvästä sydäimestä ja rakkaudesta operaatiotutkimuksen edistämiseen tätä hommaa tehdään. Kovin työlästä seuran hallituksessa toimiminen ei ole, mutta on tietysti oltava sen verran viitseliäisyyttä, että paneutuu esimerkiksi seminaarien järjestämisen asioihin, sillä puhujat ja ohjelma muutenkin tuotetaan yleensä hallituksen jäsenten kontakteja hyväksikäyttämällä. Aivan hyvin myös rivijäsenet voivat (olkaa hyvä!) ehdottaa puhujia tai esimerkiksi tarjoutua itse kertomaan omasta operaatiotutkimukseen liittyvästä toiminnastaan seminaareissa.

Seura julkaisee kaksi kertaa vuodessa lehden, johon kerätään artikkeleita kaikilta jäseniltä ja ulkopuolisiltakin tahoilta liittyen OR-aiheeseen. OR on nykyään kovasti pinnalla, vaikka asiasta puhutaankin nimellä analytiikka, joten jutun juurta riittää. Usein tilanne on kuitenkin se, että lehden jutut kirjoitetaan hallituksen jäsenten toimesta. Kehotan jäseniäkin lähettämään juttuja sihteerille!

Seura on jäsenenä kansainvälisessä IFORS-järjestössä, eli maailman OR-seurojen kattojärjestössä. IFORSin kokouksissa seuralla on äänestystilanteissa ääni, ja seuran edustaja kokouksessa (jos sellainen on paikalla) saa osallistua edustajille järjestettyihin tilaisuuksiin (joissa tyypillisesti on erittäin hyvät sapuskat).

Viisi vuotta hallituksessa tarkoittaa sitä, että seuran sääntöjen mukaan siirryn sivuun ja annan tietä uudelle puheenjohtajalle. Vaalikokouksessa marraskuussa (seminaarin yhteydessä Tieteiden talolla) onkin sekä puheenjohtajan, että vähintään yksi hallituspaikka auki. Olisi hienoa, jos saisimme hallitukseen uutta verta!

On mielestäni erittäin tärkeää, että saisimme hallituksessa pidettyä ainakin yhden teollisuuden edustajan - se olisi seuran päämäärien edistämiseksi erittäin tärkeää! Erityisesti siis kiinnostuneet yritysmaailmassa toimivat jäsenemme, tulkaa mukaan toimintaan aktiivisesti!

Mikael Collan, Pj.

Äänestys säännön, päätösvallan ja päätöksenteon tehokkuuden monimutkaiset suhteet – esimerkki Euroopan unionista

Prof. Eeva Vilkkumaa, Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu, Tieto- ja palvelutalouden laitos

Äänestys säännöt nopeuttavat ja selkeyttävät ryhmäpäätöksentekoa sekä määrittävät päätösvallan jakaantumisen ryhmän jäsenten kesken reilulla ja läpinäkyvällä tavalla. Näin tuumittiin myös Euroopan talousyhteisön (ETY) perustamisvaiheessa, kun kuuden jäsenmaan ministereistä koostuvan neuvoston päätöksentekomekanismeja laadittiin. Vuonna 1958 voimaan astuneen Rooman sopimuksen mukaan ETY:n suuret jäsenmaat Ranska, Saksa ja Italia saivat neuvostossa neljä ääntä kukin, keskisuuret maat Belgia ja Alankomaat kaksi ääntä, ja pieni Luxemburg yhden äänen. Äänestykseen tuotu esitys hyväksyttiin, jos se sai vähintään 12 puoltavaa ääntä. Kokoonsa nähden Luxemburgin saama äänimäärä oli suhteettoman suuri (5.9 % koko äänimäärästä). Tosiasiassa sen näkemyksillä ei kuitenkaan ollut päätöksenteon kannalta mitään merkitystä: koska muilla mailla oli parillinen määrä ääniä ja myös äänikynnys oli parillinen, ei Luxemburg yhdellä äänellä koskaan voinut olla vaa'ankieliasemassa muuttamassa hylättyä esitystä hyväksytyksi tai toisinpäin.

Kuten edellinen esimerkki osoittaa, äänestys sääntöjen määrittämää todellista päätösvaltaa ei voi mitata suoraan suhteellisen äänimäärän perusteella. Mutta kuinka sitten? Vuonna 1946 Lionel Penrose – ja vuonna 1965 itsenäisesti myös John Banzhaf – esitti ajatuksen, että päätösvaltaa äänestystilanteessa pitäisi tutkia nimenomaan vaa'ankieliaseman kautta. Tarkastellaan esimerkiksi kolmea äänestäjää A, B ja C, joiden äänimäärät ovat 2, 2 ja 3. Oletetaan, että ehdotuksen hyväksymiseen tarvitaan vähintään 5 puoltavaa ääntä. Tällöin ehdotus hyväksytään, jos sitä puoltaa jokin kolmesta koalitiosta: (A,C), (B,C), tai (A,B,C). Kahdella ensimmäisellä koalitiolla on kummallakin viisi ääntä, jolloin kumpikin äänestäjä voi toimia vaa'ankielenä muuttamalla kantansa myönteisestä kielteiseksi. Kolmannessa koalitiossa kuitenkin vain äänestäjä C on vaa'ankieliasemassa, sillä A:n tai B:n lähtiessä koalitiolle jää edelleen tarvittavat viisi ääntä. Tässä mielessä äänestäjän valtaa voidaan kuvata Banzhaf-indeksillä, joka määrittää äänestäjän vaa'ankieliasemien suhteena kaikkien äänestäjien vaa'ankieliasemien summaan. Tässä esimerkissä äänestäjillä A ja B on yksi vaa'ankieliasema kummallakin ja äänestäjällä C kolme vaa'ankieliasemaa. Näin ollen A:n ja B:n Banzhaf-indeksi on $1/(1+1+3)=20\%$, mikä on vähemmän kuin heidän suhteellinen äänimääränsä $2/(2+2+3)=28.6\%$. Äänestäjän C Banzhaf-indeksi $3/(1+1+3)=60\%$ sitä vastoin on suurempi kuin hänen suhteellinen äänimääränsä $3/(2+2+3)=42.9\%$.

Banzhaf-indeksien laskeminen parantaa äänestys säännön läpinäkyvyyttä tarjoamalla perustellun mittarin todellisen päätösvallan kuvaamiseen. Taulukossa 1 on esitetty ETY:n jäsenmaiden äänimäärät, suhteelliset

äänimäärät ja Banzhaf-indeksit neuvoston äänestyssäännöllä. Banzhaf-indeksin perusteella on selvää, ettei Luxemburgilla ole 5.9 %:n suhteellisesta äänimäärästä huolimatta lainkaan todellista päätösvaltaa. Indeksit ei kuitenkaan kerro mitään päätösvallan jakaantumisen oikeudenmukaisuudesta tai siitä, kuinka tehokkaasti päätöksiä kyetään tekemään. Nämä kysymykset ovat erittäin keskeisiä erityisesti nykytilanteessa, jossa ETY:n seuraajan EU:n neuvosto käyttää merkittävää valtaa: se muun muassa neuvottelee ja hyväksyy EU:n lainsäädäntöä yhdessä Euroopan parlamentin kanssa, määrittelee EU:n ulko- ja turvallisuuspolitiikan sekä päättää kansainvälisten sopimusten allekirjoittamisesta.

Taulukko 1: Jäsenmaiden äänimäärät, suhteelliset äänimäärät ja Banzhaf-indeksit Euroopan talousyhteistön (ETY:n) neuvostossa.

Maa	Äänimäärä	Suht. äänimäärä (%)	Banzhaf-indeksi (%)
Saksa	4	23.5	23.8
Italia	4	23.5	23.8
Ranska	4	23.5	23.8
Alankomaat	2	11.8	14.3
Belgia	2	11.8	14.3
Luxemburg	1	5.9	0
Kokonaisäänimäärä	17		
Äänikynnys	12		
Suht. äänikynnys (%)	70.59		

ETY:n laajentuessa ja syventyessä ensin Euroopan yhteisöksi (EY) ja sittemmin Euroopan unioniksi (EU) päätösvallan jakautumisen oikeudenmukaisuutta ja päätöksenteon tehokkuutta pyrittiin ylläpitämään jakamalla neuvoston ääniä seuraavien peruseriaatteiden nojalla:

1. Suuremmilla jäsenmailla on enemmän ääniä kuin pienemmillä, mutta äänimäärän suhde väestöön on pienemmillä jäsenmailla suurempi.
2. Isojen jäsenmaiden (Saksa, Italia ja Ranska sekä vuodesta 1973 lähtien Iso-Britannia) äänimäärä on sama.
3. Äänestyssäännön on varmistettava, etteivät isot jäsenmaat pysty keskenään hyväksymään esitystä, ja etteivät pienet maat vastaavasti pysty keskenään estämään esityksen hyväksymistä.
4. Suhteellinen äänikynnys on n. 71 %.

Kolmen ensimmäisen säännön tarkoitus oli taata äänivallan oikeudenmukainen jakautuminen jäsenvaltioiden kesken, kun taas viimeisellä säännöllä haluttiin varmistaa päätöksenteon tehokkuuden pysyminen entisellään laajentumisista huolimatta.

Vuonna 2004 Euroopan unioni laajentui Itä-Eurooppaan, jolloin sen jäsenmäärä kasvoi 15:stä 25:een (ja myöhemmin vuonna 2007 Romanian ja Bulgarian liittyessä 27:ään). Tähän merkittävään laajentumiseen valmistauduttiin allekirjoittamalla vuonna 2001 Nizzan sopimus, joka astui voimaan vuonna 2003. Sopimuksessa määritetty äänestyssääntö (ks. taulukko 2) noudatteli edelleen neljää edellä kuvattua

peruseriaatetta. Tässä vaiheessa oli kuitenkin jo käynyt selväksi, että suhteellisen äänikynnyksen pitäminen vakiona oli vaikeuttanut esitysten hyväksymistä jokaisen laajentumisen yhteydessä. Tämä johtuu siitä, että tarvittavan enemmistön kokoaminen isommasta äänestäjästä on vaikeampaa. Tarkastellaan esimerkiksi tilannetta, jossa neljällä äänestäjällä on yksi ääni kullakin, ja suhteellinen äänikynnys on 70%. Tällöin esitys hyväksytään, jos sitä puoltaa vähintään kolme äänestäjää. Jos kukin äänestäjä puoltaa esitystä 50% todennäköisyydellä, on esityksen läpimenotodennäköisyys $\sum_{i=3}^4 \binom{4}{i} / 2^4 \approx 31.3\%$. Jos suhteellinen äänikynnys pidetään samana, mutta äänestäjiä on kahdeksan, on läpimenotodennäköisyys $\sum_{i=6}^8 \binom{8}{i} / 2^8 \approx 14.5\%$. Jos taas äänestäjien määrä on 16, on läpimenotodennäköisyys enää $\sum_{i=12}^{16} \binom{16}{i} / 2^{16} \approx 3.84\%$.

Taulukko 2: Nizzan sopimuksen, Penrose-menetelmän ja Lissabonin sopimuksen äänestysääntöjen ääniosuudet, Banzhaf-indeksit (BI) ja tasa-arvoindeksit (TI). Lissabonin sopimuksessa esitys hyväksytään, jos 55% jäsenmaista ja 65% EU:n väestöstä puoltaa sitä. Taulukosta puuttuu Kroatia, joka liittyi EU:hun v. 2013.

Maa	As. (milj.)	Nizza v. 2003-2014			Penrose (hylättiin)			Lissabon v. 2014-	
		Ääniosuus (%)	BI (%)	TI	Ääniosuus (%)	BI (%)	TI	BI(%)	TI
Saksa	82.0	8.4	7.9	0.82	9.5	9.5	1.00	11.9	1.25
Iso-Britannia	59.4	8.4	7.9	0.96	8.1	8.1	1.00	8.7	1.07
Ranska	59.1	8.4	7.9	0.96	8.1	8.1	1.00	8.7	1.07
Italia	57.7	8.4	7.9	0.97	8.0	8.0	1.00	8.4	1.05
Espanja	39.4	7.8	7.5	1.12	6.6	6.6	1.00	6.4	0.97
Puola	38.6	7.8	7.5	1.13	6.6	6.6	1.01	5.9	0.9
Romania	22.3	4.1	4.2	0.86	5.0	5.0	1.01	4.2	0.84
Alankomaat	15.8	3.8	3.9	0.95	4.2	4.2	1.00	3.5	0.83
Kreikka	10.6	3.5	3.6	1.08	3.4	3.4	0.99	2.9	0.84
Tsekki	10.3	3.5	3.6	1.09	3.4	3.4	1.01	2.8	0.83
Belgia	10.2	3.5	3.6	1.10	3.4	3.4	1.01	2.8	0.83
Unkari	10.0	3.5	3.6	1.11	3.3	3.3	0.99	2.8	0.84
Portugali	9.9	3.5	3.6	1.12	3.3	3.3	1.00	2.8	0.84
Ruotsi	8.9	2.9	3.1	0.99	3.1	3.1	0.99	2.6	0.83
Itävalta	8.1	2.9	3.1	1.03	3.0	3.0	1.00	2.5	0.83
Bulgaria	7.5	2.9	3.1	1.07	2.9	2.9	1.00	2.5	0.87
Slovakia	5.4	2.0	2.2	0.90	2.5	2.5	1.02	2.2	0.9
Tanska	5.3	2.0	2.2	0.91	2.4	2.4	0.99	2.2	0.91
Suomi	5.2	2.0	2.2	0.91	2.4	2.4	1.00	2.2	0.91
Irlanti	3.7	2.0	2.2	1.08	2.0	2.0	0.99	2	0.99
Liettua	3.7	2.0	2.2	1.08	2.0	2.0	0.99	2	0.99
Latvia	2.4	1.2	1.2	0.80	1.6	1.6	0.98	1.8	1.1
Slovenia	2.0	1.2	1.2	0.87	1.5	1.5	1.01	1.8	1.21
Viro	1.4	1.2	1.2	1.04	1.2	1.2	0.96	1.7	1.36
Kypros	0.8	1.2	1.2	1.38	0.9	0.9	0.95	1.6	1.7

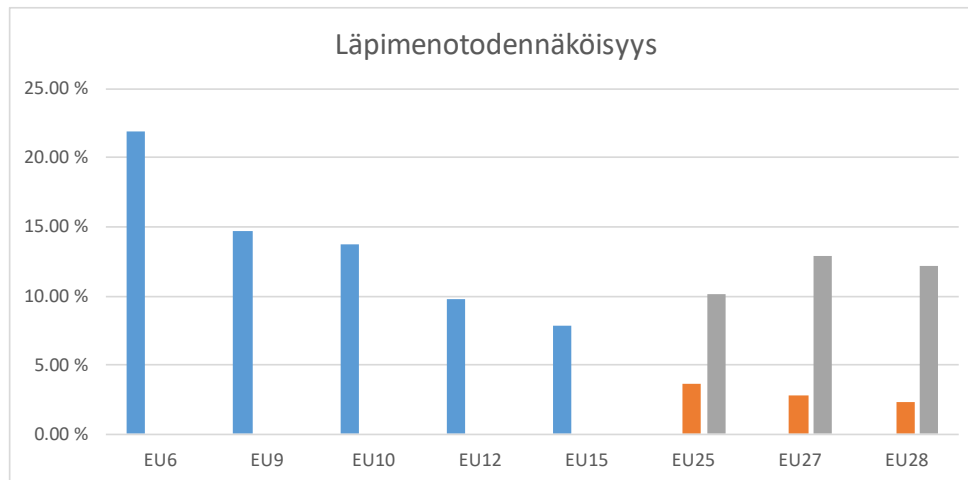
Luxemburg	0.4	1.2	1.2	1.95	0.7	0.7	1.05	1.6	2.4
Malta	0.4	0.9	0.9	1.35	0.7	0.7	1.05	1.6	2.4
Suht. Äänikynnys (%)		72.5			61.0				

Laajentumisten ja äänestysääntöjen muutosten vaikutusta ETY:n, EY:n ja EU:n neuvoston läpimenotodennäköisyyteen havainnollistetaan kuvassa 1. Kun läpimenotodennäköisyys kuuden jäsenen ETY:ssä vuonna 1958 oli 21.9 %, oli se Nizzan sopimuksen myötä 25:n jäsenen EU:ssa vuonna 2004 enää 3.6 %. Muun muassa EU:n päätöksenteon lamaantumisen estämiseksi uutta sopimusta päätettiin alkaa laatia jo vuonna 2001, alun perin EU:n perustuslain nimellä. Äänestysääntöön kiinnitettiin tuolloin paljon huomiota paitsi päätöksenteon tehokkuuden, myös säännön oikeudenmukaisuuden kannalta. Oikeudenmukaisuusperiaatteen nojalla kullakin EU-kansalaisella tulisi olla yhtä suuri todennäköisyys vaikuttaa neuvoston päätöksiin edustuksellisen järjestelmän kautta. Tämän periaatteen voi tietyin oletuksin osoittaa toteutuvan silloin, kun jäsenmaiden Banzhaf-indeksit jakautuvat niiden väestömäärien neliöjuurten suhteessa (nk. *Penrose-menetelmä*). Tämä motivoi määrittelemään jäsenmaan i tasa-arvoindeksin TI_i seuraavasti:

$$TI_i = \frac{\beta_i}{\frac{\sqrt{n_i}}{\sum_{i=1}^N \sqrt{n_i}}},$$

missä β_i on jäsenmaan i Banzhaf-indeksi, n_i sen väestömäärä ja N jäsenmaiden lukumäärä. Tasa-arvoindeksi saa arvon 1 silloin, kun oikeudenmukaisuusperiaate toteutuu täydellisesti. Mitä pienempi tasa-arvoindeksin arvo on, sitä aliedustetumpia kyseisen jäsenmaan kansalaiset ovat EU:n neuvostossa. Taulukon 2 perusteella Nizzan sopimuksessa aliedustettuina olivat suuret maat (erityisesti 82 miljoonan asukkaan Saksa) sekä pienehköt maat, kuten Suomi, Latvia ja Slovenia. Yliedustettuina taas olivat keskisuuret maat kuten Espanja, Puola ja Portugali, sekä erityisesti aivan pienet maat kuten Kypros ja Luxemburg.

Kuva 1: Esityksen läpimenotodennäköisyys eri laajentumisvaiheissa eri äänestysäännöillä.



Vuosi	1958	1973	1981	1986	1995	2004	2007	2013
Jäsenmaiden lukumäärä	EU6	EU9	EU10	EU12	EU15	EU25	EU27	EU28
Vanhat säännöt	21.90 %	14.70 %	13.70 %	9.80 %	7.80 %			
Nizzan sopimus						3.60 %	2.80 %	2.30 %
Lissabonin sopimus						10.10 %	12.90 %	12.20 %

Vuonna 2004 Ruotsi ja vuonna 2007 Puola ehdottivat Penrose-menetelmään perustuvan äänestysääntöön käyttöönottoa EU:n neuvostossa. Tämän sääntöön ääniosuudet ja äänikynnys (61 %) sekä näitä vastaavat Banzhaf- ja tasa-arvoindeksit esitetään taulukossa 2. Penrose-sääntöllä suhteelliset ääniosuudet vastaavat Banzhaf-indeksejä, mikä tekee sääntöstä läpinäkyvän. Lisäksi tasa-arvoindeksit ovat kukin lähellä arvoa 1, mikä tekee sääntöstä oikeudenmukaisen. Sääntöön läpimenotodennäköisyys on 25 %, mikä tekee päätöksenteosta tehokasta. Toisaalta Penrose-menetelmä (kuten myös läpimenotodennäköisyyden ja tasa-arvoindeksin määritelmät) perustuu oletukseen kolikonheittotyypisistä äänestyskäyttäytymisestä, mitä empiirinen aineisto ei täysin tue. Menetelmään perustuva äänestysääntö ei joka tapauksessa saanut tukea muilta jäsenvaltioilta ja täten hylättiin.

Lopullisessa Lissabonin sopimuksessa hyväksyttiin marraskuusta 2014 lähtien voimassa ollut äänestysääntö, jonka mukaan EU:n neuvosto hyväksyy esityksen, jota kannattaa 55 % jäsenmaista ja 65 % väestöstä. Tämän sääntöön Banzhaf- ja tasa-arvoindeksit nähdään taulukossa 2. Sääntössä jäsenmaiden ääniosuudet määräytyvät epäsuorasti väestömäärää koskevan hyväksymiskriteerin kautta. Nämä epäsuorat ääniosuudet ovat siis verrannollisia väestömäärän neliöjuuren sijasta väestömäärään, mikä hyödyttää suuria jäsenmaita. Toisaalta pieniä maita hyödyttää vaatimus 55 %:n osuudesta puoltavia jäsenmaita. Näin ollen Lissabonin sopimuksessa EU:n neuvoston äänestysääntöön suhteen suurimpia häviäjiä olivat keskisuuret maat kuten Romania, Belgia ja Itävalta. Samanlaiseen johtopäätökseen Lissabonin sopimuksesta voittajista ja häviäjistä päätyy myös vertaamalla Nizzan ja Lissabonin sopimusten Banzhaf-indeksejä toisiinsa: päätösvaltaansa Nizzan sopimukseen verrattuna kasvattivat suuret maat (erityisesti Saksa) sekä aivan pienet maat, kun taas suurimpia häviäjiä olivat keskisuuret maat (erityisesti Espanja ja Puola). Päätöksenteon tehokkuutta

läpimenotodennäköisyydellä mitattuna Lissabonin sopimus on kuitenkin onnistunut parantamaan, kuten kuvassa 1 havainnollistetaan: tämänhetkisessä 28 jäsenmaan unionissa esityksen läpimenotodennäköisyys EU:n neuvostossa on 12.2 %, kun se Nizzan sopimuksen alla olisi ollut vain 2.3 %.

Päätöksenteko EU:ssa on monimutkaista politiikantekoa, eikä sen analysointia suinkaan voi pelkistää äänestysääntöjen mekaaniseksi tarkasteluksi. Äänestysäännöt kuitenkin vaikuttavat osaltaan jäsenmaiden välisiin valtasuhteisiin ja unionin mahdollisuuksiin tehdä päätöksiä. Tämän kirjoituksen tavoite oli havainnollistaa äänestysäännön, päätösvallan ja päätöksenteon tehokkuuden välisten suhteiden epäintuitiivisuutta ja monimutkaisuutta. Tästä monimutkaisuudesta johtuen äänestysääntöjen vaikutusten systemaattinen arviointi on tärkeää erityisesti muutostilanteissa – kuten esimerkiksi Iso-Britannian tulevan EU-eron kynnyksellä.

IFSA-SCIS-kongressi – Otsu, Japani

Prof. Mikael Collan, Lappeenrannan teknillinen yliopisto

IFSA-SCIS kongressi järjestettiin 27.-30.6.2017 Kioton lähellä Otsun kaupungissa. Kyseessä on japanilaisittain pienehkö, parinsadantuhannen ihmisen esikaupunki, joka sijaitsee Biwa-järven rannalla. Käytin Kansain (KIX) lentokenttää, joka on rakennettu tekosaarelle Osakan lähellä. Kentältä on suora juna Kiotoon, josta vaihdetaan paikallisjunaan. Junat toimivat japanissa erittäin hyvin ja ne ovat siistejä ja kohtalaisen edullisia - matkustajia voi ruuhka-aikana kuitenkin olla runsaanlaisesti.

Kongressi järjestettiin kansainvälisen tavan mukaan suurehkoissa hotelleissa. Ilmoittautuessa jo huomattiin, että japanilaisten kielitaidossa on kohentamisen varaa, sillä deskiä hoitaneet opiskelijat eivät tyypillisesti osanneet lainkaan englantia. Kongressihotellista oli suora näkymä järvelle ja noin kolmenkymmenen asteen lämmössä pienessä vesisateessa tunnelma ulkona oli kohtalaisen hikinen - käytännössä kaikkialla sisätiloissa on Japanissa ilmastointi.

Esittelin paperin [1], joka käsitteli similaarisuusmittaa käyttävää (sumeaa) luokitinta, jonka uutuusarvo piilee siinä, että eri kriteerien similaarisuuden aggregoinnissa käytetään yleistettyä järjestettyä painotettua keskiarvoa (generalized ordered weighted average). Näin saadaan tähän aggregaatioon yleisempi muoto ja sitä kautta voidaan "suuremmasta avaruudesta aggregaatio-operaatioita" valita dataan parhaiten sopiva versio. Tuloksena hieman parempia luokittelutuloksia, kuin aiemmillä similaarisuus pohjaisilla luokittimilla.

Toinen paperimme [2] käsitteli sumeita histogrammeja, jotka on luotu intervallidatan pohjalta ja näiden vertailua. Käytännössä kumpikin paperi liittyy data-analytiikkaan.



Kuva 1: Matkalaiset Geisha-opettajan kanssa kongressin dinnerillä

IFSA on sumean logiikan järjestöjen kattojärjestö, joka järjestää kongresseja joka toinen vuosi maanosakerrolla Aasia-Amerikka-Eurooppa. Presidenttinä toimii espanjalainen Javier Montero. Aikoinaan sumea logiikka oli osa operaatiotutkimusjärjestöjen alaa, mutta syystä tai toisesta se on tänä päivänä eri järjestön alla. Ongelmat, joihin sumeaa logiikkaa sovelletaan, ovat hyvin usein tyypillisiä operaatiotutkimuksen ongelmia, kuten monikriteeri- ja moniasiantuntijapäätöksenteko, optimointi, luokittelu jne.

Matkan teki minulle erikoiseksi se, että olen jo pitkään halunnut käydä Japanissa, koska olen kuullut maasta paljon hyvää ja japanilaiset kollegani ovat käyneet käymässä Suomessa. Lisäksi eräs hyvä ystäväni kertoi aikoinaan kokemuksistaan lapsena Japanissa, jossa hän vietti noin 10 vuotiaana yksin kaksi kuukautta paikallisessa perheessä. Tästä innostuneena otin oman kahdeksan vuotiaan poikani mukaan matkaan, hänen äitinsä huolestuneisuudesta huolimatta.

Ajattelin, että olisi haaste matkustaa kongressiin pojan kanssa, mutta mitä vielä. Nykyisten kännyköiden ja erityisesti kotona jo ladattujen pelien avulla pojan aika kului kongressin auditorioissa ilman ongelmia. Myös japanilainen ruoka maistui. Oikeastaan ainoa kritiikkiä enemmän aiheuttanut asia oli kongressin illallisella nähty japanilainen lauluesitys, jonka aikana poika tiedusteli, että onko laulava nainen suurissakin tuskissa ja miksei kukaan auta häntä? Kun kerroin hänelle, että nainen laulaa, niin vastaus oli kysymys "ei kai se kauan laula?".

Kongressin päätyttyä kävimme tapaamassa Japanissa asuvaa suomalaista ystävääni Nagoyan kaupungissa, jonne menimme Shinkansen-luotijunalla. Nämä maailmalla hyvin tunnetut junat ovat kulkeneet 70-luvulta saakka ja saavuttavat n. 320-330 km tuntinopeuden. Noin 150km matka Kiotosta Nagoyaan mentiin n. puolessa tunnissa. Shinkansenit ovat enemmän lentokoneen oloisia kuin tavallista junaa muistuttavia kiitäviä putkia. Matkojen hinnoittelu ei ole halpa, mutta kyyti on kyllä erittäin rivakkaa ja siisteys jälleen kerran huippuluokkaa.



Kuva 2: Japani on täynnä mitä ihmeellisempiä laitteita. Tässä automaattinen sateenvarjonpussitus kone, joka on useimpien tavaratalojen ovella sadesäällä. Sateenvarjo pussitetaan kätevään kantopussiin ja näin se ei valuta vettä pitkin lattiaita.

Nagoya on Japanin kolmanneksi suurin kaupunki ja siellä on useita nähtävyyksiä. Näistä mainitsen erikseen tiedemuseon, joka on aivan erinomaisen hieno - ehkä hienoin näkemäni. Parasta museossa on se, että se on täynnä laitteita, joita kävijät saavat kokeilla itse. Kyseessä ei siis ole ns. old-school museo, jossa koskeminen on kielletty, vaan on suorastaan tarkoituksenmukaista, että erilaisia ilmiöitä testataan käytännössä. Erityisesti mieleen jäi tornadosimulaattori, jossa savun kanssa havainnollistettiin tornadon synty ja vierailijat saivat kävellä pyörremyrskyn läpi sen silmään.

Kaikkialla Japanissa on siistiä ja ihmisiä on paljon. Japanissa ei ole esimerkiksi seiniin ruiskittuja "tägejä" tai rikottua julkista omaisuutta oikeastaan lainkaan. Hyvää käytöstä arvostetaan yhä erittäin korkealle, vaikka maa onkin osansa länsimaisesta hapatuksesta saanut. Halpaa ei ole, muttei valtavan kallistakaan - verrattuna Suomeen siis. Lennot ovat valtavan pitkät ja siksi harmilliset - niistäkin tietysti selviää oikealla asenteella.

Referenssit:

[1] Kurama, O., Luukka, P., and Collan, M., 2017, A similarity classifier with generalized ordered weighted averaging operator, in proceedings of Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association

and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (IFSA-SCIS), 2017 Joint 17th World Congress of International, June 27.-30, 2017, Otsu, Japan, IEEE

[2] Mezei, J., Luukka, P., and Collan, M., 2017, Similarity of histograms and circular histograms from interval and fuzzy data, in proceedings of Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (IFSA-SCIS), 2017 Joint 17th World Congress of International, June 27.-30, 2017, Otsu, Japan, IEEE

EUSFLAT-kongressi – Varsova, Puola

Prof. Mikael Collan, Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Euroopan sumean logiikan järjestön kongressi EUSFLAT järjestettiin tällä kertaa Varsovassa 11.-15.9. vain viisi päivää sen jälkeen, kun uutiset sumean logiikan "perustajan" Lotfi A. Zadehin kuolemasta olivat saavuttaneet sumean logiikan yhteisön. Tämän asian osalta oli havaittavissa pientä alakuloisuutta ainakin niiden osallistujien joukossa, jotka Zadehin tunsivat. Muuten kongressissa oli kovasti matemaattisesti orientoitunut fiilis. EUSFLAT kokouksissa on usein paljon teoreettisesti orientoituneempi ohjelma, kuin esimerkiksi vastaavissa Aasian sumean logiikan järjestön kongressissa tai tässäkin lehdessä raportoidussa IFSA-kongressissa. Tämä johtunee siitä, että EUSFLATin jäseninä on useita kovia teoreettisen matematiikan tutkijoita, jotka ryhmineen kontribuoivat nimenomaan teoreettisella puolella.



Kuva 3: Varsovan kulttuuripalatsi. Hienosta ulkonäöstään huolimatta tämä kommunismin ajan symboli herättää monessa puolalaisessa vieläkin vilunväireitä.

Ehkäpä juuri tästä syystä kongressin järjestäjä, puolan tiedeakatemian professori ja LUT-yliopiston kunniatohtori tältä vuodelta, Janusz Kacprzyk oli pyytänyt allekirjoittanutta pitämään keynote-luennon aiheesta "sumean logiikan sovellukset tosielämän liiketoiminnan ongelmien ratkaisemiseksi", jossa esittelin muutamia kokemuksia siitä miten pelkällä teorialla ei yritysmaailmassa pitkälle pötkitä ja kertosin muutamia tosiasioita siitä, miten yritysmaailman huomio saadaan herätettyä. Ajattelin, että ehkä paikalle joku saattaa eksyä ja olinkin yllättänyt, sillä auditorio oli lähes täynnä. Samaan aikaan yksi sumean logiikan kovista nimistä piti toista keynotea toisessa auditoriossa ja silti kuulijoita riitti... Osa kuulijoista oli selvästi vaikeuksissa, kun latsin tosiasioita mm. siitä, että ratkaisujen matemaattiset yksityiskohdat eivät tyypillisesti kiinnosta liikemiehiä, vaan pääpaino on itse ongelmien ratkaisemisessa ylipäätään.

Ehken saanut lisää ystäviä, mutta jos yksikin kuulija ensi kerralla esitellessään mallejaan yritysmaailmassa muistaa puheeni saattaa siitä olla apua kummallekin osapuolelle; näin ainakin toivon.

No, oli miten oli, esitin kongressissa myös paperin [1], joka käsitteli uutta versiota jo aiemmin kehittämästämme sumeaa logiikkaa hyväksikäyttävää kannattavuuslaskentamentelmästä. Tämä uusi versio

perustuu intervallilukujen käyttöön ja soveltuu tilanteisiin, joissa arvioitavan investoinnin kassavirtoihin liittyy hyvin paljon epävarmuutta.

Toinen paperimme (mukana oli myös post-doc tutkijamme Jan Stoklasa) käsitteli transformaatiota, jolla voidaan muuntaa todennäköisyyspuolen konsepteja possibilistiselle (sumealle) puolelle ja takaisin. Tämä tarkoittaa käytännössä, että tätä transformaatiota käyttämällä voitaneen löytää erilaisten sumean puolen menetelmien / funktioiden vastine todennäköisyyslaskennan puolelta ja toisin päin. Uskon (ja toivon) tämän menetelmän ja sen johdannaisten vaikutuksen oleva erittäin suuri jatkossa.

Varsovan kaupunki on tullut siistimmäksi sitten viimenäkemän (noin 10 vuotta sitten). Tiet ovat paremmassa kunnossa ja kaikki tuntuu toimivan sutjakammin kuin ennen. Hintataso on Suomeen verrattuna yhä paljon alhaisempi ja hyvän illallisen saa suomalaisen lounaan hinnalla. Reissun osalta kaivelemaan jäi ainoastaan saapuminen Varsovaan junalla Tsekin tasavallasta - matka, joka kesti kuuden tunnin oletusajasta huolimatta yli kahdeksan tuntia. Aina eivät mene tasan onnen lahjat....

Referenssit:

[1] Mezei, J., Collan, M., and Luukka, P., 2017, Real Option Analysis with Interval-Valued Fuzzy Numbers and the Fuzzy Pay-Off Method, in Kacprzyk, J. et Al. (Eds.) Advances in Fuzzy Logic and Technology 2017 – proceedings of EUSFLAT 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing, 641, Springer, Cham, Switzerland, 509-520

[2] Luukka, P., Stoklasa, J., and Collan, M., 2017, Transformation of variance to possibilistic variance and vice versa, in Kacprzyk, J. et Al. (Eds.) Advances in Fuzzy Logic and Technology 2017 – proceedings of EUSFLAT 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing, 642, Springer, Cham, Switzerland, 456-467

INFORMS 2017 - Houston

DI Tommi Pajala, Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu

INFORMSin – eli USA:n operaatiotutkimuksen seuran – vuositapaaminen pidettiin tällä kertaa Houstonissa, Teksasissa. Nimitys ”vuositapaaminen” voi helposti saada aikaan vaikutelman pienestä tapahtumasta, mutta tosiasiaa vieraita oli jälleen yli 5000 kappaletta. Kun samaan aikaan voi olla käynnissä jopa 60 esitystä, vaaditaan osallistujilta itseltäänkin jo aika hyvää optimointikykyä, jotta löytää itselleen sopivat esitykset, ja vieläpä löytää niihin ajoissa paikalle.

Tällä kertaa pääkallopaikkana oli Houstonissa George R. Brown konferenssikeskus, joka vain reilua kuukautta aiemmin oli majoittanut yli 10 000 hurrikaanin jäljiltä kodittomaksi jäänyttä amerikkalaista. Vielä siinä vaiheessa olikin epäselvää, voidaanko koko konferenssia ollenkaan järjestää. No, onneksemme Houston asukkaineen ehti toipua sen verran nopeasti, että konferenssikeskus saatiin ajoissa avattua, eivätkä ostetut lentoliput menneet hukkaan.

Itse kävin tänä vuonna avoimin mielin kuuntelemassa erilaisia esityksiä niin Uberin keynote-luennosta aina deep learningin kautta sairaaloiden toiminnan optimointiin, koska suoraan omaan tutkimukseen liittyviä esityksiä oli aika vähän. Tämä oli itse asiassa oikeastaan aika mukava tapa viettää konferenssi, sillä näin sain erilaisia ideoita ”oman laatikon” ulkopuolelta.

Mielenkiintoisinta kuultavaa tällä kertaa olivat varmaankin entisen astronautin keynote, sekä päätösanalyysin Practice Awardista kilpaillut esitys erään leikkauskomplikaation vähentämisestä. Näistä ensimmäisessä entinen NASAn astronautti Dr. Nancy Currie-Gregg kertoi 1986 ja 2003 tapahtuneista avaruussukkulaonnettomuuksista, niiden syiden selvittelystä sekä siitä, miten organisaation ja sen kulttuurin muutoksilla tulevia onnettomuuksia on pyritty ehkäisemään. Merkittävänä muutoksena NASA on eriyttänyt turvallisuuden omaksi organisaatiokseen, jonka budjetti ei ole enää sukula- tai rakettiprojektin budjetin alainen kuten aiemmin. Mainitsemani sairaanhoitoa käsittelevässä esityksessä Dr. Eva Lee taas kertoi, kuinka monen vuoden työn jälkeen oli saatu kerättyä dataa sairaalan prosesseista ja siitä, miten hyvin niitä tosiasiallisesti seurataan. Koneoppimisella selvitettiin, ketkä potilaat ovat erityisen alttiita komplikaatioille. Näitä tietoja yhdistelemällä laadittiin kokonaan uusi prosessikuvaus, jonka avulla hoitoa saatiin standardisoitua, ja komplikaatioiden määrä tippui seuraavan kahden vuoden aikana 18 prosentista nolliin. Tätä jos mitään kutsuisin erinomaiseksi esimerkiksi siitä, mihin operaatiotutkimuksella voidaan parhaillaan päästä!

Lotfi Zadeh 1921-2017

Prof. Mikael Collan, LUT School of Business and Management

Lotfi Zadeh, sumean logiikan perustaja ja kehittäjä, kuoli 6. syyskuuta 2017, 96 vuoden ikäisenä kotonaan Berkeleyssä Kaliforniassa, Yhdysvalloissa.

Zadeh oli syntynyt vuonna 1921 Azerbajzanissa, joka ei vielä tuolloin virallisesti ollut osa Neuvostoliittoa. Perheen tie vei Iranin Teheraniin, jossa Zadeh valmistui yliopistosta toisen maailmansodan aikana sähkötekniikan insinööriksi. Vuonna 1943 Zadeh lähti siirtolaiseksi Yhdysvaltoihin ja pääsi perille vuoden 1944 kesällä päästen MIT:n maisteriopiskelijaksi ja valmistuen 1946. Tämän jälkeen hän teki väitöskirjan Columbian yliopistossa New Yorkissa ja valmistui sähkötekniikan tohtoriksi 1949. Opetettuaan kymmenisen vuotta Columbiassa hänet nimitettiin professoriksi (full professor) vuonna 1957. Vuonna 1959 hän siirtyi Kaliforniaan Berkeleyn yliopistoon, jossa hän toimi professorina aina kuolemaansa saakka.

Zadeh julkaisi tunnetuimman artikkelinsa, jossa hän esitteli sumean joukkoteorian perusteet vuonna 1965 [1]. Vuonna 1973 hän julkaisi sumean logiikan teorian. Vuonna 1965 julkaistua "Fuzzy Sets" paperia on referoitu yli 90000 kertaa ja Zadehin muita töitä toisetkin mokomat, eli yhteensä yli 180000 kertaa.

Zadehia voidaan pitää yhtenä aikamme suurista matemaatikoista.

Referenssit

Lotfi Zadeh, 1965, Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338–353.

Käytännön oppeja Kagglen data science -kilpailuista

DI Tommi Pajala, aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu

Suomessa on tällä hetkellä huutava pula dataa ja analytiikkaa hallitsevista työntekijöistä. Aihetta suoraan käsitteleviä kurseja ei yliopistoilla varsinaisesti ole liikaa. Ja vaikka kurseja lisätään koko ajan, niin harva kurssi voi kunnolla pureutua analytiikkaprojektin kokonaisuuteen. Onneksi verkossa on tarjolla avoimia kilpailuja, joissa kuka tahansa voi kehittää omia taitojaan data-analyysin saralla.

Kaggle¹ on data-analyysikilpailuja järjestävä yritys. Tyypillisessä kilpailussa jokin toinen yritys tai organisaatio tarjoaa datan, sekä ongelman, johon datan avulla pitää löytää algoritminen ratkaisu. Esimerkiksi kollegani kanssa osallistuimme Home Depot:n kilpailuun, jossa tehtävänä oli tehdä algoritmi, joka luokitteli hakutermituotepareja muutaman portaan laatuasteikkoon. Eli esimerkiksi haulilla ”porakone” pitäisi erilaisten porakoneiden saada korkea luokitus, kun taas vaikkapa kylpyhuoneen laatat saisivat matalan matching-arvon.

Kagglen kilpailut kestävät tyypillisesti ainakin muutaman kuukauden, ja voittavalle joukkueelle on yleensä luvassa noin 10 000 – 100 000 dollaria rahaa, tai joissain tapauksissa työpaikkoja. Tunnetussa Netflixin suosittelualgoritmia parannelleessa kilpailussa pääpalkinto oli jopa miljoona dollaria! Voitto vaatii kuitenkin kovaa työtä: kilpailun voittajat tyypillisesti ovat rakentaneet monikerroksisia, useita malleja yhdisteleviä ratkaisuja. Monesti voittavissa joukkueissa saattaa olla mukana useampikin väitellyt, ja jopa analytiikan parissa täyspäiväisesti työskenteleviä ammattilaisia. Kyseessä ei siis ole pelkästään perusopiskelijoiden leikkimielinen mittely, vaan moni osallistuja (varsinkin suuremman rahapalkinnon kisoissa) tekee ratkaisujaan ihan tosissaan. Myös resurssien käyttö on ammattimaista: olen nähnyt kilpailijoiden käyttävän parhaimmillaan kymmenien prosessorien serveriklustereita. Mallien parametrien optimointiin on saattanut joillain mennä jopa pari kuukautta prosessoriaikaa.

Osittain tämän laiteresurssien aiheuttaman epäreilouden takia Kaggle on myös alkanut järjestää uudenlaisia kilpailuja, joissa tehty malli ajetaan Kagglen serverillä. Kaikille tiimeille on asetettu samat rajat, kuinka kauan mallin ajaminen saa kestää, ja paljonko muistia on käytettävissä. Motivaation lisäksi tämä uusi kilpailumuoto opettaa hyvin analyysin ajamista ei-lokaalisti serverillä. Serverin tuottamat virheet ovat välillä turhauttavia selviteltäviä, mutta realismia on, että mitään isomman datamäärän analyysieja ei nykyisin ajeta lokaalisti omalla koneella.

Kilpailuun osallistuminen antaa erittäin hyvän kokonaiskuvan siitä, mitä kaikkea analytiikkaongelman ratkaiseminen vaatii. Alku kilpailussa on aina haparointia, kun aikaa menee datan puhdistamiseen ja uusien featureiden laskemiseen. Esimerkiksi eräässä osakkeiden hintamuutoksia käsittelevässä kilpailussa törmäsimme aikasarjadatan kanssa siihen ongelmaan, että kaikista pisteistä ei ollut läheskään samaa määrää historiadataa. Joistain osakkeista dataa oli kymmeniltä vuosilta, toisista taas muutamalta kuukaudelta. Tämä

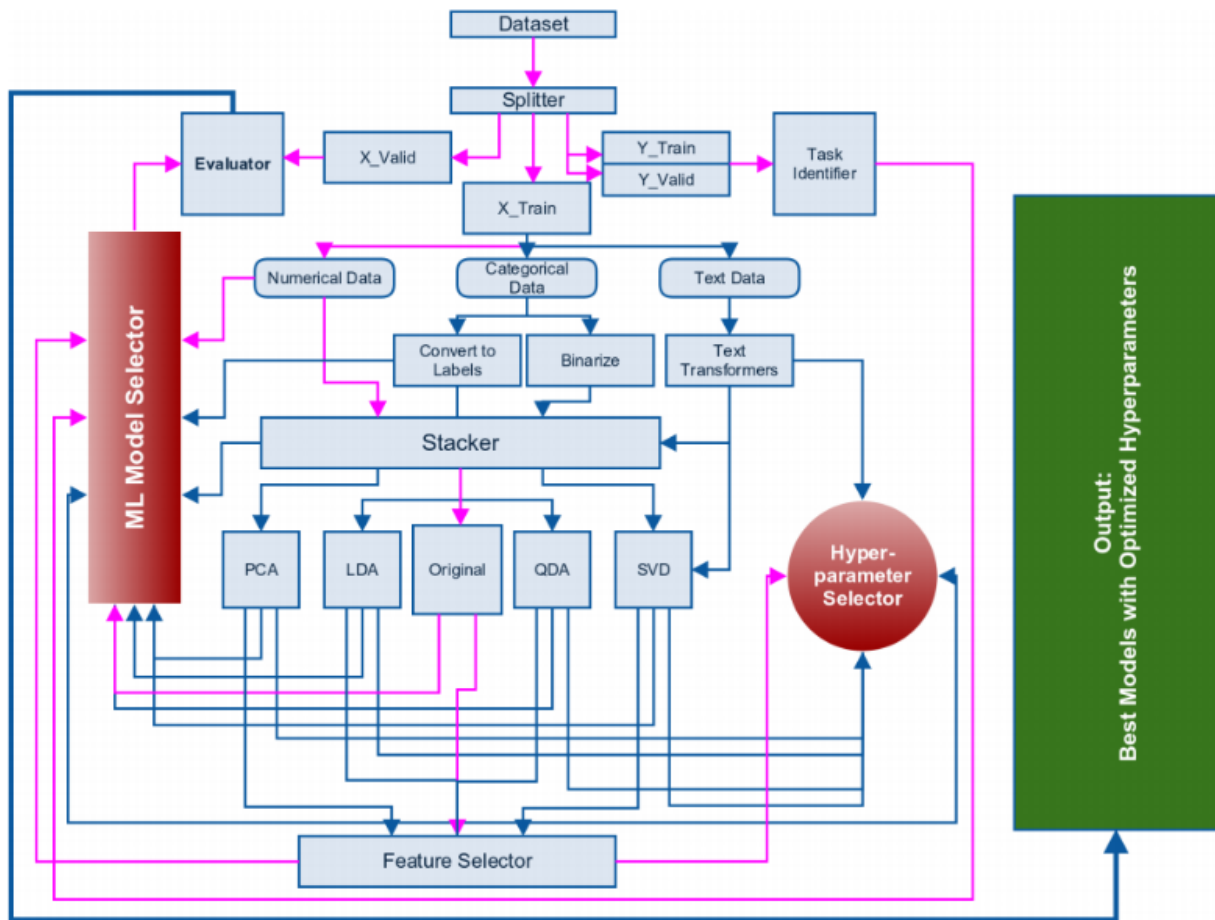
¹ <https://www.kaggle.com/>

piti tietysti jollain tavalla ottaa huomioon mallinnuksessa: jos dataa jostain osakkeesta on vain muutama piste, ei voi olla kovinkaan varma tekemistään ennusteista.

Kilpailu opettaa erittäin hyvin ylisovittamisen (engl. overfitting) vaaroista. Kagglen kilpailuissa tyypillisesti toimitaan niin, että kilpailijoilla on käytössään yksi datasetti, jolla malli muodostetaan. Sen lisäksi leaderboardin tuloksille on oma testidatansa, joka voi sisältää joskus myös osia training datasta. Kilpailun lopulliset tulokset sen sijaan eivät ole suoraan leaderboardin viimeinen listaus, vaan ne lasketaan vielä omalla datasetillään (joka jälleen voi sisältää osia muista dataseiteistä). Erittäin usein törmää siihen ongelmaan, että training datalla on saanut muodostettua näennäisesti aiempaa paremman mallin, mutta tulos leaderboardilla ei sittenkään parane. Tämä tietysti kertoo siitä, että oma ”parempi” malli on vain ylisovittanut itsensä suhteessa training dataan. Usein kilpailujen lopulliset tulokset saattavat myös olla hyvinkin erilaiset suhteessa leaderboardiin – olen nähnyt jopa satojen sijojen muutoksia kärkipäässä (kun joukkueita on yleensä muutama tuhat). Nämä muistuttavat aina hyvin siitä, että mallin toimivuus mitataan vasta todellisella testidatalla – leaderboardin tulosten avulla tehty hyperparametrien säätäminen voi kyllä parantaa leaderboardin tuloksia, mutta todelliseen ennustustarkkuuteen sillä voi olla jopa negatiivinen vaikutus.

Kilpailujen myötä näkee helposti, että niissä menestyminen vaatii syvällistä ymmärrystä jokaisesta analyytiikan osa-alueesta, alkaen datan puhdistamisesta ja käsittelystä, edeten feature engineeringin kautta eri mallien sovittamiseen, ja lopulta mallien yhdistämiseen jollain toisen tason ensemblemallilla. On ilmeistä, että prosessin kokonaisuudesta tulee helposti aika kompleksin näköinen ulkopuolisen silmin. Tässä esimerkiksi erään kilpailijan näkemys kilpailuissa tarvittavassa mallinnusprosessista²:

² <http://blog.kaggle.com/2016/07/21/approaching-almost-any-machine-learning-problem-abhishek-thakur/>



Kuvassa pinkit nuolet kuvaavat Thakurin mukaan ”tyypillisiä” polkuja, ja siniset erilaisia ei niin usein käytettyjä vaihtoehtoja.

Vaikka Kagglen kilpailut opettavat erittäin tehokkaasti teknistä datan käsittelyä ja mallien yleistettävyyden arviointia, puuttuu siitä silti olennainen osa todellisten organisaatioiden prosessia: alkuperäinen ongelman ja tavoitteen määrittely. Kilpailut ovat siinä mielessä helppoja, että ongelma on selkeästi rajattu, ja se on jopa valmiiksi asiakkaan operationalisoima. Esimerkiksi voidaan ohjeistaa, että tavoitteena on tehdä EEG-kuvista sairauksia ennustava malli, ja että mallin hyvyys lasketaan absoluuttisen virheen avulla. On kuitenkin selvää, että organisaatio on alun perin tehnyt suuren määrän työtä päätelläkseen, että uudenlaisen mallin tekeminen on järkevää, ja vieläpä riittävän tärkeää, että siihen kannattaa kuluttaa organisaation resursseja.

Opinnäytetöitä

Väitöskirja: Behavioral issues in Multiple Criteria Decision Making

Tekijä: DI Tommi Pajala

Työn ohjaaja & valvoja: Professori Jyrki Wallenius (Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu)

Tapahtumakalenteri

Marraskuu 2017

- 16.11. FORSin vaalikokous & syysseminaari

13:00-13:45 Vaalikokous

14:00-17:00 Syysseminaari:

Demokratia ja analytiikka! Vaalit ja ryhmäpäättökenteko analyttisten silmälasien läpi

Lisätiedot ja ilmoittautuminen (50 ensimmäistä mahtuu seminaariin):

<http://www.operaatiotutkimus.fi/seminarit/217/>