

Verkkopelipalvelujen reaaliaikainen hinnoittelu

Loppuraportti
6.5.2006

Mat-2.177 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

Kohdeorganisaatio: Clan Match Exchange Good Game Oy

Yhteyshenkilö: Antti Hättinen, antti.hattinen@cmax.gg

Projektiryhmä:

Sampsa Ruutu (projektipäällikkö),
Olli Väyrynen,
Antti Ritvanen
Heikki Hirvensalo
Pyry Niemelä,

sruutu@cc.hut.fi
ovayryne@cc.hut.fi
agritvan@cc.hut.fi
hhirvens@cc.hut.fi
pmniemel@cc.hut.fi

Tiivistelmä

Tässä raportissa esitelty projektityö on tehty Teknillisen korkeakoulun kurssille ”Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari” keväällä 2006. Työssä on tarkasteltu dynaamisen hinnoittelun soveltamista verkkopelipalvelujen hinnoitteluun. Työn asettajana on toiminut Clan Match Exchange Good Game Oy (#CMAX.gg), jonka myynnin historiadataa työssä on analysoitu.

Sähköisen kaupankäynnin myötä dynaaminen hinnoittelu on lisääntynyt. Teknisen kehityksen myötä dynaamisen hinnoittelun toteuttaminen on helpottunut ja samalla myös informaation välityksen helpottuminen on saanut aikaan sen, että hinnoista on tullut entistä läpinäkyvämpiä.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Tavoitteet ja rajaukset	1
1.2	Raportin rakenne	1
2	Kirjallisuuskatsaus	2
2.1	Dynaaminen hinnoittelu	2
2.1.1	Hintadiskriminaatio	2
2.1.2	Yield Management	4
2.1.3	Kysynnän stokastinen mallintaminen	6
2.1.4	Kysyntätiedon kerääminen	6
2.1.5	Huutokauppateoria	7
2.2	Mikrotaloustiede	8
2.2.1	Kysynnän ja tarjonnan lait	8
2.2.2	Hintajousto	9
2.3	Regressiomallit	10
2.4	Aikasarja-analyysi	12
3	Staattinen hintatekijä	13
3.1	Regressioanalyysi pelien määrälle	13
3.1.1	Varauksen ajankohdan ja palvelun aloittamisen erotus	14
3.1.2	Kellonajan ja viikonpäivän vaikutus pelaamisen määrään	14
3.1.3	Hinnan vaikutus pelaamisen määrään	15
3.1.4	Yhteenveto regressioanalyysistä	16
3.2	Hintajoustojen määrittäminen datasta	16
3.2.1	Tulosten luotettavuudesta	18
3.3	Palvelinten arvottaminen	19
4	Dynaaminen hinnoittelumalli	20
4.1	Varausasteen vaikutus	20
4.2	Paljousalennus	21
5	Simulointi mallilla	22
5.1	Hinta varausasteen funktiona	22
5.2	Hinnoittelijan toiminnan simulointi kysynnällä	24
6	Johtopäätökset	28
7	Liitteet	29
7.1	Simulointimalli	29
7.2	Simuloinneissa käytetyt arvostusfunktiot	30
7.3	Kapasiteetin kehitys satunnaisprosessina	31
7.4	Hinnoittelijan simulointi kysynnällä	32
8	Viitteet	33

1 Johdanto

#CMAX.gg on Internet-pelipalvelinten verkkokauppapaikka, josta verkkopelien pelaajilla on mahdollista ostaa usean palvelintarjoajan peliaikaa. Tällä hetkellä palvelinaikaa myydään Counter-striken ja sen jatko-osan Counter-strike Sourcen pelaamiseen. #CMAX.gg:n asiakkaina ovat verkkopelaajien muodostamat ryhmät, klaanit, jotka käyttävät palvelinaikaa turnaus- ja harjoitusotteluiden pelaamiseen. Suomessa klaanipelaamista harrastaa noin kymmenentuhatta pelaajaa.

Palvelinaikaa voi ostaa joko 15 minuutin tai vuorokauden aikajaksoissa. Vuorokauden aikaviipaleet on hinnoiteltu kiinteähintaisiksi, mutta 15 minuutin aikajaksoilla hyödynnetään dynaamista hinnoittelua. Dynaamisessa hinnoittelussa vallitseva kysyntä vaikuttaa hinnoitteluun. Nykyinen #CMAX.gg:n käyttämä dynaaminen hinnoittelija on kuitenkin yksinkertainen, eikä toimi parhaalla mahdollisella tavalla.

1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Projektisuunnitelmassamme esittelemämme tavoitteet olivat seuraavat:

- Analysoida yrityksen kysyntää vuoden 2005 myyntidatan avulla.
- Kehittää hinnoittelumalli, joka toimisi paremmin kuin yrityksen olemassa oleva hinnoittelija.

Projektityössämme tarkastellaan ainoastaan 15 minuutin pätkissä myytyjä peliaikoja. Yritys myy myös peliaikaa päiväkohtaisesti, mutta niiden tarkastelu on rajattu projektityön ulkopuolelle. Hinnoittelijan implementointi ei myöskään kuulunut projektityön piiriin.

1.2 Raportin rakenne

Raportin osassa 2 on esitelty tekemämme kirjallisuuskatsaus. Osassa 3 on analysoitu palvelun kysyntää ja muodostettu staattinen hintatekijä dynaamista hinnoittelijaa varten käyttäen hyväksi regressioanalyysiä sekä kysynnän hintajoustoja. Tämän jälkeen dynaaminen hinnoittelumalli on esitetty osassa 4. Osassa 5 dynaamisen hinnoittelumallin toimivuutta on testattu simulointien avulla.

Tämä raportti on julkinen, minkä vuoksi olemme joutuneet esittämään luottamukselliseen aineistoon perustuvat tuloksemme yleisluontoisesti ilman tarkkoja lukuarvoja.

2 Kirjallisuuskatsaus

Tekemässämme kirjallisuuskatsauksessa on pyritty antamaan kokonaiskuva käytössä olevista menetelmistä ja niiden sovelluskohteista sekä näiden menetelmien soveltuvuudesta tutkimusongelman ratkaisuun. Olemme keskittyneet kirjallisuuskatsauksessa seuraaviin osa-alueisiin: dynaaminen hinnoittelu, mikrotaloustiede, regressioanalyysi ja aikasarja-analyysi. Varsinkin dynaaminen hinnoittelu -osiossa lähteinä on käytetty viimeaikaisia tutkimuksia ja katsauksia.

2.1 Dynaaminen hinnoittelu

Dynaamisella hinnoittelulla on kaksi päätavoitetta, joista ensimmäinen on saada mahdollisimman suuri osa kuluttajan ylijäämästä yritykselle asettamalla hinta lähelle kuluttajan todellista valmiutta maksaa tuotteesta (Willingness to Pay, WTP). Toinen tavoite on kilpailuedun saaminen strategisesti asetetulla hinnalla. Tällaisia hinnoittelustrategioilla voidaan pyrkiä esim. uuden tuotteen tehokkaaseen markkinapenetraatioon, sekä kysynnän tasoittamiseen tai sähköisen kaupankäynnin lisäämiseen kuluttajan tottumuksia muuttamalla (Klein et al. 2003)¹. Dynaamista hinnoittelua on viime vuosikymmenien aikana tutkittu runsaasti ja tällaisten mallien suosio on kasvanut tietotekniikan ja erityisesti internetin kehityksen myötä. Tehokkaammat tietokoneet mahdollistavat asiakastietojen tehokkaamman käsittelyn ja hallinnan. Internet-kaupankäynti mahdollistaa hinnan reaaliaikaisen säätämisen ja poistaa hinnan muuttamisesta yritykselle koituvat kustannukset kun hinnastoja ei tarvitse enää painaa uudestaan.

Tämän hetkiset dynaamiset hinnoittelustrategiat ovat eriytyneet usealle eri alueelle, joista tärkeimpinä voidaan mainita *hintadiskriminaatioon* perustuvat strategiat (esim. Yield Management tai Revenue Management) sekä erilaiset kysynnän stokastiseen mallintamiseen perustuvat hinnoittelustrategiat. Huutokauppoja on käsitelty kirjallisuudessa termin *joustava hinnoittelu* alla (Klein et al. 2003).

2.1.1 Hintadiskriminaatio

Tärkeimmät käytäntöön asti tulleet dynaamiset hinnoittelumallit perustuvat hintadiskriminaatioon. Hintadiskriminaatio tunnetaan kansantaloustieteen kirjallisuudessa lähinnä monopoliasemassa olevien yritysten keinona pyytää eri asiakassegmenteiltä (asiakaskunta jaettu segmentteihin jonkin helposti todennettavan ulkoisen ominaisuuden mukaan, esim. opiskelijat) eri hintaa, voittojaan parantaakseen. Kansatalousteoriat osoittaa hintadiskriminaation lisäävän yhteiskunnan tehokkuutta (Parkin et al. 2005)² ja viimeaikaiset tutkimukset ja myös käytäntö ovat osoittaneet, että hintadiskriminaatiota voivat harjoittaa myös yritykset, joita rasittava korkeat kiinteät mutta matalat muuttuvat kustannukset. Tällaisia aloja ovat ilmailualan ohella myös julkaisuala, matkailuteollisuus ja viihdeteollisuus.

Elokuvateattereilla esimerkiksi itse teatterin perustaminen ja elokuva-oikeuksien ostaminen on kallista, mutta yhden lisäkatsojan tuleminen teatteriin ei maksa enää käytännössä mitään, niin kauan kuin salissa on tyhjiä paikkoja. Toisaalta jos teatterissa on tyhjiä paikkoja esityksen alkaessa, ovat ne teatterin ansaintanäkökulmasta arvottomia. Näin ollen teatterin kannattaa myydä lippuja sellaisella hinnalla, että kaikki paikat tulevat täyteen. Jos teatteri tuntee asiakaskuntansa ja heidän halukkuutensa maksaa tuotteesta (WTP), voi se esimerkiksi hinnoitella tietyn määrän paikkoja halvemmalla kuin toiset, jolloin todennäköisyys saada teatteri täyteen kasvaa. Teatteri voi asiakkaiden WTP:n tuntiessaan asettaa halvempien paikkojen määrän siten, että tuoton odotusarvo maksimoituu. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin se, että korkean WTP:n asiakkaat ovat myös halukkaita ostamaan halpoja lippuja. Tämän estämiseen teatteri voi asettaa halpoihin lippuihin ehtoja, jotka tekevät niiden ostamisen korkeamman WTP:n asiakkaille kannattamattomaksi tai mahdottomaksi tai myydä halvemmat liput eri jakeluteitä pitkin. Tämä menetelmä on keskeinen osa esim. lentoyhtiöiden käyttämää Yield Managementia, jota käsitellään tarkemmin alempana (Weiss R. M. et al. 2001)³.

Hintadiskriminaatiota voidaan nykyäsitäyksen mukaan suorittaa kolmella eri tavalla

- Asiakkaan ominaisuuksien mukaan (asiakas- ja asiakassegmenttikohtainen)
- Ostomäärän mukaan (paljousalennukset)
- Tuotteen ominaisuuksien mukaan (eri tuoteversioiden valmistaminen)

Asiakkaan helposti tunnistettavia ominaisuuksia ovat esim. opiskelijastatus, asuinpaikka, ikä tms. Kuitenkin internetissä tällaisten ominaisuuksien suora merkitys vähenee, koska niiden tarkastaminen on vaikeaa tai jopa mahdotonta. Ensimmäisen tyyppin hintadiskriminaatio onkin siirtymässä pikkuhiljaa enemmän personoitujen tarjousten tekemiseen asiakkaan aiempien ostotottumuksien pohjalta.

Ostomäärän mukaan tapahtuva hintadiskriminaatio antaa asiakkaille mahdollisuuden saada alennuksia heidän yhdistäessään voimansa ja ostamalla suurempi erä kerrallaan.

Tuotteen varioiminen ja tuotepakettien muodostaminen on tehokas keino jos tiedetään, että jotkin asiakassegmentit esimerkiksi eivät hyödy tuotteesta ilman tiettyä ominaisuutta. Näiltä asiakkailta voidaan periä parhaassa tapauksessa suurikin maksu tästä yhdestä lisäominaisuudesta. Esimerkkinä Microsoft Windowsin Home-versio vs. Professional-versio (Klein et al. 2003).

Yrityksen kannalta hintadiskriminaatio on tehokkaimmillaan silloin kun jokainen asiakas maksaa tuotteesta WTP:nsä arvoisen summan. Käytännössä tällaisen hinnoittelijan tekeminen on nykyään mahdollista jos yritys seuraa kaikkien asiakkaidensa ostotottumuksia riittävän pitkään. Sähköistä kirjakauppaa harjoittavan Amazon.comin epäiltiin joitakin vuosia sitten harrastavan henkilökohtaista hintadiskriminointia kun eri asiakkailta pyydettiin täsmälleen samasta tuotteesta eri hintoja. Useita tutkimuksia aiheesta tehtiin ja asiasta nousi muutenkin melkoinen kohu. Amazon.com ilmoitti myöhemmin, ettei se ollut käyttänyt hintojen määrittämiseen asiakkaan aiempaa ostohistoriaa vaan kyseessä oli satunnaisiin hintoihin perustuva hintakokeilu. Tapaus on

kuitenkin herättänyt keskustelua nettikaupankäynnin moraalista ja eettisistä velvoitteista ja siitä onko asiakaskohtainen hintadiskriminaatio yleensä hyväksyttävää.

On tärkeä huomata, että hintadiskriminaation suorittaminen vaatii aina asiakaskunnan ja mielellään heidän WTP:nsä hyvää tuntemusta sekä sitä, että asiakaskunnan sisällä todella on erilaisia segmenttejä. Tutkimusongelman tapauksessa ei saadulla historiadatalla saatu selville muuta kuin ajasta ja palvelimesta riippuva preferenssijärjestys.

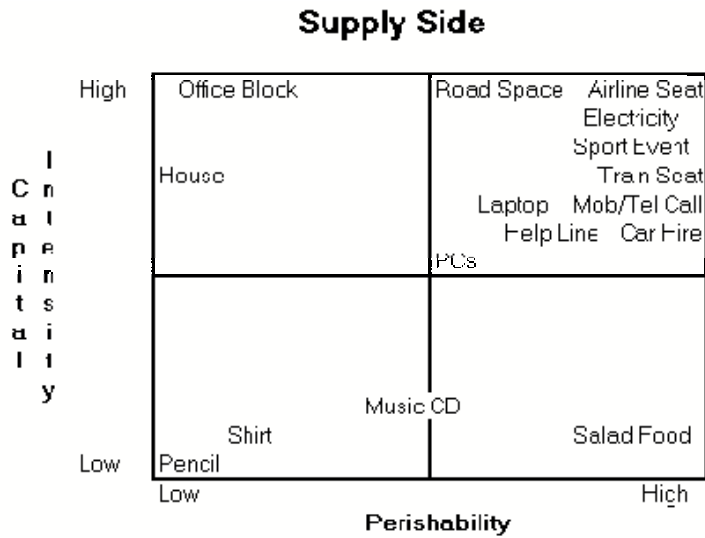
2.1.2 Yield Management

Yield Management on lentoyhtiöiden yleisesti käyttämä hinnoittelumalli, joka yhdistelee useita uuden teknologian mahdollistamia hinnoittelustrategioita. Yield Managementin elementtejä on esitetty alla (McGill J.I. et al. 1999)⁴:

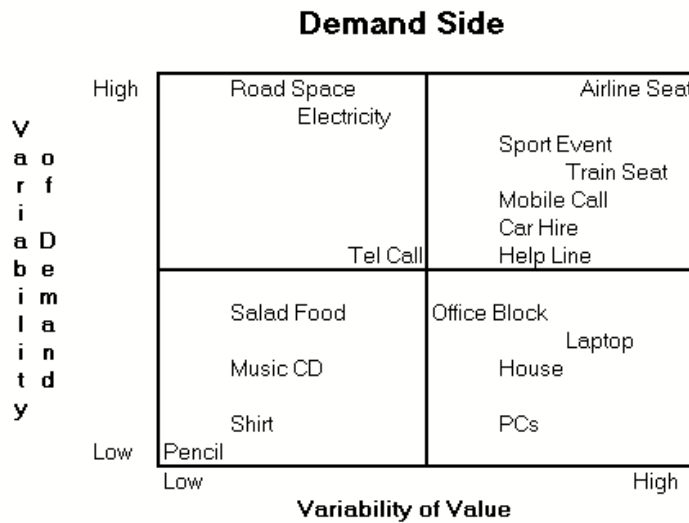
- Asiakkaan käyttäytyminen ja kysynnän ennustaminen
- Kysynnän kausikohtainen ja viikonpäiväkohtainen vaihtelu
- Kysynnän riippuvuus hintaluokista ja niiden määrästä
- Ryhmälennukset
- Ylivaraaminen
- Frequent flyer-alennukset
- Yhtiön tai matkatoimiston alennuskuponit ja tarjoukset
- Peruutusoikeus lipussa

Lentoyhtiöt ovat ottaneet käyttöön edellisessä luvussa elokuvateatterin avulla kuvatun mallin, jossa perinteisen Business-class/economy-class erottelun lisäksi luokkien sisällä eri paikkoja on asetettu erihintaisiksi. Kyseessä on nimenomaan asiakassegmenttien hintadiskriminointia, sillä halvemmillä lipuilla on usein rajoitettu peruutusoikeus, huonompi joustavuus määrään suhteen. Ruuhkaisina aikoina (esim. aamu- ja iltapäiväkoneet) halvemman hintaluokan lippuja on vähemmän tai ei ollenkaan tarjolla, jolloin vain hyvin aikaisin varanneet asiakkaat pääsevät halvalla. Näin esimerkiksi yritysten edustajat, jotka yleensä ovat lentoajan suhteen joustamattomia ja jotka varaavat lippunsa verrattain myöhään, joutuvat tällöin maksamaan korkeamman hinnan lipuista. Toisaalta yritykset ovat yleensä myös valmiita maksamaan lipuista enemmän kuin yksityisasiakkaat (McGill J.I. et al. 1999).

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty neliömatriisit, joilla voidaan arvioida Yield Managementin sopivuutta tuotteen hinnan määrittämisessä. Tuotteet, jotka ovat molemmissa matriiseissa oikeassa yläkulmassa soveltuvat hyvin tähän hinnoittelumalliin.



Kuva 1 Tuotteen pääomatiheys ja vanhentumisen välinen neliömatriisi
 (<http://www.managingchange.com/dynamic/yieldmgt.htm>)



Kuva 2 Asiakaskunnan kysynnän vaihtelun ja tuotteen arvostuksen välinen neliömatriisi
 (<http://www.managingchange.com/dynamic/yieldmgt.htm>)

Kuvasta 1 nähdään, että tuotteet, joihin on sitoutuneena paljon pääomaa ja toisaalta tuotteet, jotka ovat nopeasti vanhenevia sijoittuvat oikeaan yläkulmaan. Toisaalta jos tuotteen kysynnän vaihtelu on suurta ja eri asiakasryhmät arvostavat tuotetta selvästi eri tasoille, on tuote jälleen kuvan 2 mukaisesti oikeassa yläkulmassa. Kuten jo aiemmin todettiin, ovat ilmailuteollisuus, viihdeteollisuus ja matkailuala alkaneet käyttää Yield Managementia. Kuvista 1 ja 2 nähdään, että niiden tarjoamat tuotteet sijoittuvat varsin usein matriisien oikeaan yläreunaan. Projektissa oleva liiketoimintamalli sijoittuu ryhmämme mielestä 1. matriisin oikeaan reunaan keskivaiheelle ja 2. matriisin

keskivaiheille, jolloin Yield Management ei näyttäisi olevan paras mahdollinen malli siihen.

Tutkimusongelman kannalta mielenkiintoisin osa-alue on kysynnän ennustaminen ja sitä kautta optimaalisen hinnan määrittäminen. Ongelmana on se, että historiadatan perusteella ei voi sanoa mitään tarkkaa tulevaisuudesta. Kaikki menetelmät antavat vain valistuneita arvioita, joihin liittyy aina epävarmuutta. Lentoyhtiöiden ennustusmenetelmät vaihtelevat yksinkertaisista liukuvan keskiarvon menetelmistä regressioanalyysiin ja aikasarjamalleihin. Lisäksi kirjallisuudessa on kuvattu kysynnän stokastiseen mallintamiseen perustuvia hinnoittelustrategioita optimaalisen hinnan määrittämiseksi. Ymmärrettävästi yhtiöt eivät ole halukkaita ilmoittamaan käyttämiään menetelmiä kovinkaan yksityiskohtaisesti, koska niiden tulot ja strategiat riippuvat voimakkaasti näistä menetelmistä. (McGill J.I. et al. 1999) Tässä projektissa on käytetty Yield Managementin oppeja valikoivasti. Esimerkiksi myöhemmin esitetty idea kapasiteetin käyttöasteen vaikutuksesta hintaan sopii tutkimusongelman ratkaisuun, mutta lentoyhtiöiden ratkaisumalli ei sellaisenaan sovi siihen.

2.1.3 Kysynnän stokastinen mallintaminen

Kysyntää on useissa tutkimuksissa kuvattu jollain satunnaisjakaumalla. Yleisin tapa näyttäisi olevan Poisson-prosessi, jolla voidaan ottaa huomioon kokonaiskysynnän ja sen varianssin lisäksi myös asiakkaiden saapumisten välillä kuluva aika ja sen varianssi. Tämä lähestymistapa on hyödyllinen erityisesti sellaisten tuotteiden kohdalla, joita uhkaa arvon dramaattinen lasku tietyn aikarajan jälkeen, koska hinta voidaan asettaa siten, että mahdollisimman suuri osa tuotteista saadaan myytyä. Poisson-prosessille määritetään intensiteettiparametri $\lambda(p)$, joka riippuu hinnasta p . Ryhmämme on käyttänyt tämän tyyppistä mallia simuloidessaan hinnoittelijan toimivuutta.

2.1.4 Kysyntätiedon kerääminen

Kysynnän määrittämiseen käytetystä menetelmästä riippumatta asiakaskunta on tunnettava edes kohtuullisen luotettavien mallien rakentamiseksi. Vähittäismyyjät ovat jo hyvän aikaa käyttäneet tähän erilaisia kanta-asiakkuusohjelmia ja etukorttijärjestelmiä. Sähköisillä kaupankäyjillä on mahdollisuus kerätä kuluttajasta tietoa edellyttämällä asiakasta kirjautumaan käyttäjäksi ennen ostoksien tekoa. Näin yritys saa tiedon asiakkaan ostotottumusten lisäksi myös tiedon mm. hänen iästään, kansalaisuudestaan ja ammatistaan. Tietoa kerätessä on muistettava kuitenkin, että yhtä tärkeää tietoa kuin se, mitä asiakas osti, on se mitä hän tarkasteli, mutta ei ostanut. Markkinoilla on olemassa ohjelmistoja (yrityksiä esim. Double Click ja I-Behaviour), jotka analysoivat asiakkaan surffailutietoja ja yrittävät päätellä miksi asiakas ei ostanut katsomaansa tuotetta (Elmagharby W. et al. 2003)⁵.

Toinen käytössä oleva menetelmä on ns. Price Testing, jota ovat tietävästi käyttäneet edellä mainitun Amazon.comin lisäksi ainakin GE, Hotwire ja DHL Worldwide Express. Menetelmässä tarjotaan tuotteita eri hinnoilla ja tarkastellaan menekkiä. Tarkoituksena on saada selville asiakaskunnan hintajousto (kappale 2.2.2), jolloin kansantaloustieteen

menetelmin voidaan laskea tuotteelle optimihinta. Price testingin ongelmana on kuitenkin sen mahdollisuus vahingoittaa yrityksen imagoa, kuten Amazon.comin tapauksessa (Elmagharby W. et al. 2003).

2.1.5 Huutokauppateoria

Huutokaupassa tuote vaihtaa omistajaa kun ostaja ja myyjä ovat päässeet sopimukseen hinnasta, joka määräytyy yleensä useiden ostajien tai myyjien tarjouksien vaikutuksesta etukäteen määrättyjen sääntöjen perusteella. Kaupankäyntimuodon idea on pyrkiä saamaan ostajat paljastamaan todellisen hinnan, jonka he ovat valmiita maksamaan tuotteesta (Willingness to Pay, WTP). Internet on tehnyt huutokaupasta kannattavaa, koska kauppaan voi käytännössä osallistua kuka tahansa sijainnistaan riippumatta, jolloin todennäköisyys saada riittävän paljon ostajia mukaan on kasvanut riittävän suureksi. Suurimman suosion huutokauppa näyttää saaneen kuluttajien välisillä (C2C) markkinoilla. eBay lienee tunnetuin sähköisiä C2C huutokauppoja välittävä toimija. (Anandaligam et al. 2005)⁶.

Tutkimuskysymyksen kannalta kiinnostavaa B2C (Business-to-Customer) huutokauppaa käydään ainakin toistaiseksi vain muutamien yritysten toimesta. Lentoliikenteessä vain Lufthansa tarjoaa tällä hetkellä mahdollisuuden lippujen huutokauppaan, joka sekin tarjolla vain silloin tällöin tietyille asiakkaille ja muutamien reittien rajoitetulle istuinmäärälle. Yleisempi muoto B2C huutokaupassa on kauppapaikan tarjoaminen, missä kauppapaikka tarjoaa useiden yritysten tuotteita asiakkailleen. Käytössä on perinteistä (Forward auction) ja käänteistä (Reverse auction) huutokauppaa. Perinteisessä huutokaupassa useat ostajat ilmoittavat yksittäisestä tuotteesta hinnan, jonka he ovat valmiit maksamaan. Yleisimmin käytössä olevat huutokauppamuodot ovat englantilainen ja hollantilainen huutokauppa. Englantilaisessa huutokaupassa, jota Lufthansakin käyttää, hintaa nostetaan ylöspäin kunnes vain yksi aluksi mukana olleista ostajaehdokkaista on jäljellä. Hollantilaisessa huutokaupassa lähdetään korkeasta hinnasta ja sitä lasketaan kunnes joku ostajista ilmoittaa haluavansa tuotteen sen hetkiselällä hinnalla. Käänteisessä huutokaupassa ostajaehdokkaat pyytävät eri myyjiltä tarjouksia kauppapaikan kautta ja valitsevat sitten tarjouksista edullisimman. Käänteistä huutokauppaa tarjoava kauppapaikka on esim. TravelBids (Klein et al. 2003 sekä Anandaligam et al. 2005).

B2C huutokaupan ongelma on se, että yritykset yrittävät saada korkean hinnan lisäksi myyntiinsä volyyymiä. Huutokauppa on toimiva kauppamuoto kuitenkin silloin, kun myytävästä tuotteesta on niukkuutta ja riittävän moni ostaja tavoittelee sitä. Näin ollen hinta nykyisillä huutokaupamenetelmillä muodostuu harvoin optimaaliseksi tai edes riittävän suureksi tai volyyymi jää varsin pieneksi. Erityisesti on huomattava, että harvat asiakkaat haluavat odottaa tietoa voitostaan (varsinkaan halpojen tuotteiden kohdalla) kovin pitkään saati sitten istua näyttöruudun ääressä vastaamassa muiden ostajien korkeampiin tarjouksiin. Näistä syistä ryhmämme ei pidä huutokauppaa hyvänä vaihtoehtona tutkimusongelman ratkaisuksi.

2.2 Mikrotaloustiede

2.2.1 Kysynnän ja tarjonnan lait

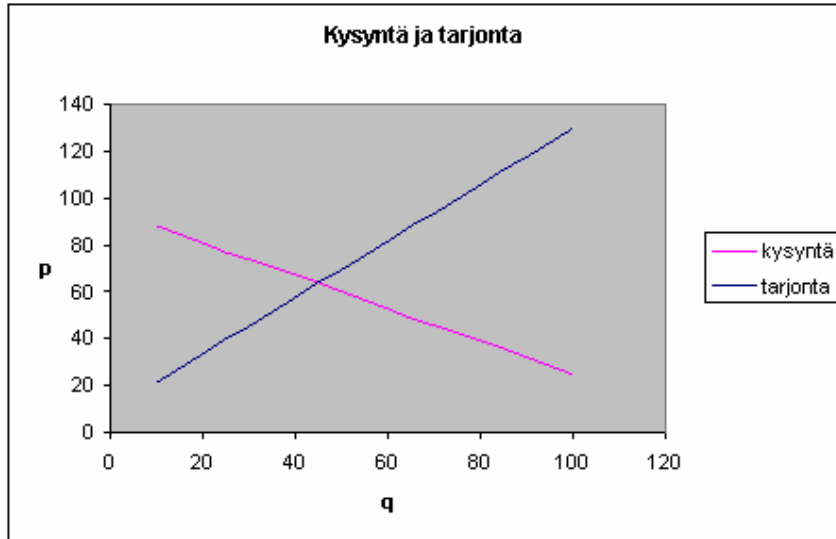
Kysynnän lain mukaan kysytty määrä on kääntäen verrannollinen tuotteen hintaan, kun muut tekijät (mieltymykset ja preferenssit, tulot, komplementti- ja substituuttituotteiden hinnat, ostajien määrä sekä tulevaisuuden odotukset) pysyvät muuttumattomina. Tämä tarkoittaa siis, että kysytty määrä kasvaa, kun hinta pienenee.

Vastaavasti tarjonnan laki sanoo, että tarjottu määrä on suoraan verrannollinen hintaan kun muut tekijät pysyvät muuttumattomina. Tarjontaan vaikuttavia muita tekijöitä katsotaan olevan kustannukset ja teknologia, muiden tarjottujen tuotteiden hinnat, tulevaisuuden odotukset, tarjoajien määrä sekä sääolot. Toisin sanoen tarjottu määrä kasvaa, kun hinta kasvaa (Keat & Young, 2003)⁷.

Kysyntäfunktio kuvataan taloustieteessä yleensä muodossa

$$p = f(q), \text{ missä } p \text{ on hinta ja } q \text{ sitä vastaava kysytty määrä.}$$

Tällöin kysyntäfunktio voidaan esittää graafisesti niin, että hinta on kuvaajan pystyakselilla, ja kysytty määrä vaakakselilla.



Kuva 3 Esimerkki kysynnän ja tarjonnan graafisesta esityksestä

Tuotetta myyvä yritys saa tuotteestaan hinnan, joka on kysynnän ja tarjonnan leikkauspisteessä. Kuvan 3 esimerkissä kysyntä ja tarjonta on oletettu lineaarisiksi, ja kysyntäfunktio on muotoa $p = -0,7q + 95$ ja tarjontafunktio muotoa $1,2q + 10$. Kysyntä ja tarjonta kohtaavat pisteessä $p = 63,5$ ja $q = 44,5$, joten myynnistä saatu tuotto on tällöin tulo $pq = 2825,75$.

2.2.2 Hintajousto

Hintajousto kuvastaa sitä, kuinka herkästi tietyn tuotteen kysytty määrä kasvaa tai laskee, kun tuotteen hintaa muutetaan. Hintajouston tarkastelussa liikutaan siis kysyntäkäyrällä. Sekä kysytyn määrän että hinnan muutosta tarkastellaan tässä prosentuaalisena muutoksena. Hintajousto voidaan esittää yleisesti muodossa

$$E_p = \frac{\Delta q}{q} \div \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta q}{\Delta p} \cdot \frac{p}{q}, \text{ missä } \Delta \text{ kuvaa absoluuttista muutosta.}$$

Taloustieteissä suositeltu pistejousto e_p esitetään käyttämällä kysytyn määrän hintaderivaattaa. Tällöin hintajousto on helposti laskettavissa jokaiselle pisteelle (p, q) . Pistejouston kaava on

$$e_p = \frac{\partial q}{\partial p} \cdot \frac{p}{q}$$

Koska kysyntäfunktio on käytännössä aina laskeva käyrä, hintajousto on negatiivinen. Kysynnän sanotaan olevan joustavaa, mikäli hintajousto $e < -1$. Tällöin kysytty määrä laskee suhteessa enemmän, kuin hinta nousee. Kysyntä on joustamatonta kun $e > -1$, mikä tarkoittaa, että hinnan noustessa kysytty määrä laskee suhteessa vähemmän. Kun kysyntä on yksikköjoustavaa, hinnan muutos aiheuttaa suhteessa yhtä suuren muutoksen kysytyssä määrässä. Tällöin hintajousto $e = -1$.

Koska tuotto on kysytyn määrän ja hinnan tulo pq , niin hintajoustolla on suora yhteys saatuun tuottoon. Joustavalle kysynnälle hintaa kannattaa laskea, sillä kysytty määrä kasvaa suhteessa enemmän, jolloin myös tuotto pq kasvaa. Vastaavasti joustamattoman kysynnän tapauksessa hinnan nostaminen kasvattaa tuottoa, sillä kysytty määrä ei laske suhteessa yhtä paljon. Näin ollen tuotto maksimoituu kohdassa, jossa hintajousto $e = -1$. Tästä johtuen hintajousto on yksi hinnoittelun peruste.

Kuvan 3 kysynnän hintajousto saadaan, kun ensin on määritelty kysyntäfunktio $q = f(p) \approx -1,43p - 95$. Tämän derivaatan avulla saadaan ratkaistua pistejousto

$$e_p = \frac{\partial q}{\partial p} \cdot \frac{p}{q} = -1,43 \cdot \frac{p}{q} \text{ halutuille kysytyille määrille } q \text{ ja vastaaville hinnoille } p.$$

Taulukkoon 1 on laskettu Kuvan 3 kysynnän hintajoustoja. Huomataan, että tuotto maksimoituu kohdassa $Q = 68, P = 47,5$, jossa hintajousto on -1 .

Taulukko 1 Esimerkki hintajoustop ja optimihinnan selvittämisestä

$Q_d = -1,43 - 95$	$P = -0,7Q + 95$	Q_s	ε_p	dQ/dP	Tuotto pq
10	88	22	-12,57	-1,428571	880
20	81	34	-5,79		1620
30	74	46	-3,52		2220
40	67	58	-2,39		2680
50	60	70	-1,71		3000
60	53	82	-1,26		3180
70	46	94	-0,94		3220
80	39	106	-0,70		3120
90	32	118	-0,51		2880
100	25	130	-0,36		2500
68	47,50		-1,00		3223

On kuitenkin huomioitava, että edellä esitetty hintajoustop käyttö soveltuu tilanteeseen, jossa kysyntäfunktio on tunnettu ja mainitut muut kysyntään mainitut tekijät pysyvät vakioina. Todellisuudessa tilanne ei kuitenkaan ole näin, vaan yritykset kohtaavat vaihtuvaa kilpailua, asiakkaiden tulot ja preferenssit muuttuvat sekä asiakkaiden lukumäärä muuttuu. Lisäksi voidaan olettaa, että yritys haluaa tavallisesti maksimoida voittoa, eikä myyntituloja. Mikäli tuotannon kasvattaminen tai vähentäminen ei aiheuta kustannuksia, maksimivoitto saadaan maksimoimalla myyntituloja. Usein asia ei kuitenkaan ole näin, vaan kustannukset riippuvat selkeästi tuotetusta määrästä. Tämä tarkoittaa, että hintajoustop sovellettaessa hinnoittelun perustana täytyy arvioida muiden tekijöiden vaikutus kysyntään määrään, ennen kuin aletaan tehdä päätöksiä hinnoittelun suhteen. Tässä projektityössä suurin voitto yritykselle saadaan maksimoimalla myyntituloja johtuen siitä, että yritys ostaa kiinteän määrän palvelinaikaa toimittajilta, ja kustannukset eivät riipu myydystä määrästä. Näin ollen hintajoustopojen laskeminen soveltuu hyvin tarkastelemaamme tapaukseen.

2.3 Regressiomallit

Koska riippuvuuksien analysointi on tavallisesti tieteellisen tutkimuksen keskeisin tavoite, regressioanalyysi⁸ on eniten sovellettuja ja tärkeimpiä tilastotieteen menetelmiä.

Regressiomallin tehtävänä on selittää tietyn muuttujan havaittujen arvojen vaihtelu toisten muuttujien havaittujen arvojen vaihtelun avulla. Regressioanalyysin tavoitteena on muuttujien välisten riippuvuuksien kuvaaminen, riippuvuuksien selittäminen, selitettävän muuttujan käyttäytymisen ennustaminen ja kontrollointi.

Regressiomallit luokitellaan funktionaalisen muodon mukaan lineaarisiin ja epälineaarisiin malleihin sekä yhtälöiden lukumäärän mukaan yhden yhtälön ja monen yhtälön malleihin. Jälkimmäistä kutsutaan yleiseksi lineaariseksi malliksi, joka määritellään yhtälöllä:

$$y_j = \beta_0 + \beta_1 x_{j1} + \beta_2 x_{j2} + \dots + \beta_k x_{jk} + \varepsilon_j, j = 1, 2, \dots, n,$$

missä

y_j = selittävän muuttujan y arvo havaintoyksikössä j

x_{ji} = selittäjän x ei-satunnainen ja havaittu arvo havaintoyksikössä j , $i=1,2,\dots,k$

ε_j = jäännös- eli virhetermin ε satunnainen ja ei-havaittu arvo havaintoyksikössä j

β_i = regressiokerroin selittäjällä x_i

Regressioanalyysissä määritellään juuri beeta-kertoimet regressiofunktiolle, jotka kertovat missä suhteessa selittävä havainto riippuu kustakin selittävästä havainnosta ja optimaalinen regressiofunktio sovitetaan dataan esim. pienimmän neliösumman menetelmällä, jossa minimoidaan jäännöstermien ε_j neliösummaa regressiokertoimien suhteen.

$$\sum_{j=1}^n \varepsilon_j^2 = \sum_{j=1}^n (y_j - \beta_0 - \beta_1 x_{j1} - \beta_2 x_{j2} - \dots - \beta_k x_{jk})^2$$

Regressiomallin hyvyttä mitataan selitysasteella, joka määritellään:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} = \frac{SSM}{SST}, \quad \text{missä}$$

$$SSE = \sum_{j=1}^n \varepsilon_j^2, \quad \text{eli} \quad \text{virhetermien} \quad \text{neliösumma}$$

$$SSM = \sum_{j=1}^n (\hat{y}_j - \bar{y})^2, \quad \text{eli regressiofunktion antamien estimaattien ja havaittujen arvojen aritmeettisen keskiarvon erotusten neliösumma. (Mallineliosumma)}$$

$$SST = \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2, \quad \text{eli havaittujen arvojen ja niiden aritmeettisen keskiarvon erotusten neliösumma. (Kokonaisneliosumma)}$$

Regressiomalli on sitä parempi, mitä korkeampi sen selitysaste on.

Yleistä lineaarista mallia koskevat standardioletukset ovat:

- Selittäjien x arvot ovat kiinteitä eli ei-satunnaisia vakioita
- Selittäjien välillä ei ole lineaarisia riippuvuuksia
- virhetermin odotusarvo=0
- virhetermin varianssi on vakio
- virhetermit eivät korreloi keskenään
- virhetermi on normaalijakautunutta keskiarvolla 0 ja sen keskihajonta on vakio.

2.4 Aikasarja-analyysi

Tilastollisen aikasarja-analyysin lähtökohtana on se, että analysoitava aikasarja on jonkin stokastisen prosessin realisaatio. Keskeisen stationaaristen prosessien luokan muodostavat autoregressiiviset liukuvan keskiarvon prosessit eli ARMA-mallit (Autoregressive Moving Average). ARMA-mallien käyttökelpoisuus perustuu niiden kykyyn vähäparametrisinakin approksimoida tarkasti mielivaltaista stationaarista prosessia. Ns. SARIMAX-malli on laajennus ARMA-mallista, johon on lisätty kausivaihtelusta (S=Seasonal) aiheutuvat SAR- ja SMA-termit, epästationaarisuuden poistava integrointi (I) sekä ulkoinen selittäjä (X=eXternal variable).

Ennustaminen aiempien toteutuneiden kauppahintojen avulla perustuu ajatukseen siitä, että toteutuneet kauppahinnat kuvaavat jollain tavoin tuotteen arvostusta eri hetkillä. Tähän ajatukseen liittyy kuitenkin ongelmia, sillä myyntihinta antaa arvostukselle vain alarajan, eikä sen perusteella tiedetä, kuinka paljon enemmän tuotteesta oltaisiin valmiita maksamaan. Lisäksi koska toteutuneet myyntihinnat eivät ole olleet optimaalisia johtuen olemassa olevan hinnoittelijan ominaisuuksista, aikasarjamallilla ei myöskään voida saada ennustettua optimaalisia hintoja tulevaisuuteen. Tämän vuoksi päädyimme siihen, että emme käytä aikasarja-analyysiä hinnoittelijan mallintamisessa.

3 Staattinen hintatekijä

Dynaaminen hinnoittelija tarvitsee lähtökohdaksi kiinteän perushinnan, johon se lisää dynaamisten muuttujien vaikutuksen. Tässä kappaleessa tarkoituksena on tarkastella menetelmiä, joilla tämä perushinta saadaan muodostettua. Osassa 3.1 tarkastellaan kysyntää regressioanalyysin avulla ja yritetään kuvata riippuvuussuhteita mm. kellonajan ja kysytyn määrän välillä. Osassa 3.2 tarkastellaan hinnan määrittämistä kysynnän hintajoustopien avulla. Lopuksi osassa 3.3 tarkastelemme eri palvelimien keskinäisiä eroja ja esittelemme menetelmän, jolla palvelinkohtaiset erot voidaan huomioida hinnoittelussa.

#CMAX.gg:lta saadusta historiadatasta ilmenevät yrityksen ostotapahtumat, jotka pitävät sisällään mm. seuraavat tiedot:

- Ostojankohta
- Hinta
- Aloitus ja lopetusajat
- Palvelimen tunniste

3.1 Regressioanalyysi pelien määrälle

Yritimme ensin selittää palvelun toteutuneita hintoja käyttäen hyväksi mm. kysytyjä määriä, viikonpäivää, etukäteisyyttä, kellonaikaa ja pelin kestoa. Emme kuitenkaan saaneet rakennettua hyvää regressiomallia toteutuneelle hinnalle, sillä mallin kokonaisselitysaste jäi alhaiseksi ja käyttämiemme selittäjien keskinäinen korreloituneisuus osoittautui ongelmaksi. Syynä tähän on luultavasti olemassa olevan hinnoittelijan yksinkertaisuus. Tämän vuoksi keskityimme analysoimaan pelien kysytyä määrää.

Palvelun kysytyn määrän mallintaminen on kysyntäanalyysin lähtökohta. Toteutuneiden kauppojen historiadatasta saamme selville ostetut palvelut ja sopivan kategorisoinnin jälkeen tarkastellaan hintoja joilla kaupat ovat tapahtuneet. Tässä kappaleessa selitettävänä muuttujana on toteutuneiden pelien määrän Q selittäminen ja alustavina selittäjäkandidaatteina ovat datasta esille tulleet palvelun:

- Viikonpäivä
- Varauksen ajankohdan ja palvelun aloittamisen erotus (aikaisen varaajan alennus)
- Kellonaika
- Hinta

Tutkimme palvelun kysytyä määrää aluksi aloitettujen pelien määrän perusteella mutta päätimme ottaa huomioon myös kyseisten pelien kestot. Tarkastelimme myös pelien kestojen summaa jaettuna käytettävissä olevien palvelimien lukumäärällä. Meillä ei kuitenkaan ole tietoa palvelimien kapasiteeteista, joten emme saaneet tarkkoja tuloksia skaalattujen muuttujien perusteella.

3.1.1 Varauksen ajankohdan ja palvelun aloittamisen erotus

Oleellinen tekijä kaikenmuotoisissa varausjärjestelmissä on aikaisen varaajan etu, jotta asiakkaiden ostokäyttäytymistä saataisiin säädeltyä palvelun tuottajan resurssien käyttöasteen kasvattamiseksi. Tässä tapauksessa resurssit ovat #CMAX.gg:n ostama palvelinaika eri toimittajilta. Käyttämättömän kapasiteetin kustannus voidaan ajatella menetetyiksi tuloiksi, jotka olisi voitu saada myymällä palvelua halvemmalla hinnalla. #CMAX.gg:n varaussysteemissä on mahdollisuus varata peliaikaa kyseisestä hetkestä kahden viikon päähän tulevaisuuteen.

Pelaajien ostokäyttäytymisen huomataan olevan selkeästi ”instant-tyyppistä”, koska suuri osa peleistä varataan 15 minuutin säteellä aloituksesta. Tämä on ymmärrettävää, sillä on vaikeaa saada esimerkiksi kymmenelle hengelle kalenteriin yhteinen vapaa ajankohta ja joidenkin pelaajien mukaan pelit harvoin edes onnistuvat, koska aina jollain joukkueen jäsenistä on muuta tekemistä. Tämän perusteella etukäteisyys voidaan hylätä potentiaalisista aloitettujen pelien määrän selittäjistä, koska pelit ostetaan lähes samalla hetkellä kun halutaan pelata.

Pelaajien kulutustottumukset näyttävät olevan todella säännölliset ja tämän perusteella emme oleta heidän muuttavan tottumuksiaan, kuten pelaamiskellonaikaa, juurikaan oleellisesti.

3.1.2 Kellonajan ja viikonpäivän vaikutus pelaamisen määrään

Vuorokaudenaika on oleellinen selittäjä aloitettujen pelien määrälle. Tälle löytyy luonnolliset selitykset sillä pelaajillakin on koulua/töitä arkena normaaleina työaikoina, jolloin pelaamista on vain vähän.

Alkavien pelien määrä korreloi voimakkaasti pelien kestojen summien kanssa, minkä vuoksi sitä voidaan käyttää estimaattina kysytylle määrälle. Tämä helpottaa mallin luomista laskuteknisesti. Sovitimme kellonaikakohtaiseen kysytyyn määrään sekä regressiopolynomien että sini-sovitteen PNS-menetelmää käyttäen.

Sinikäyrän sovittaminen onnistuu MS Excelin Solverilla säätämällä sinin vaihekulmaa, amplitudia ja tasoa siten, että toteutuneiden pelien määrän ja sini-sovitteiden erotusten neliöiden summa minimoituu. Sini-käyrä on muotoa

$$sovite = amplitudi * \sin\left(\frac{klo}{24} 2\pi + vaihekulma\right) + taso$$

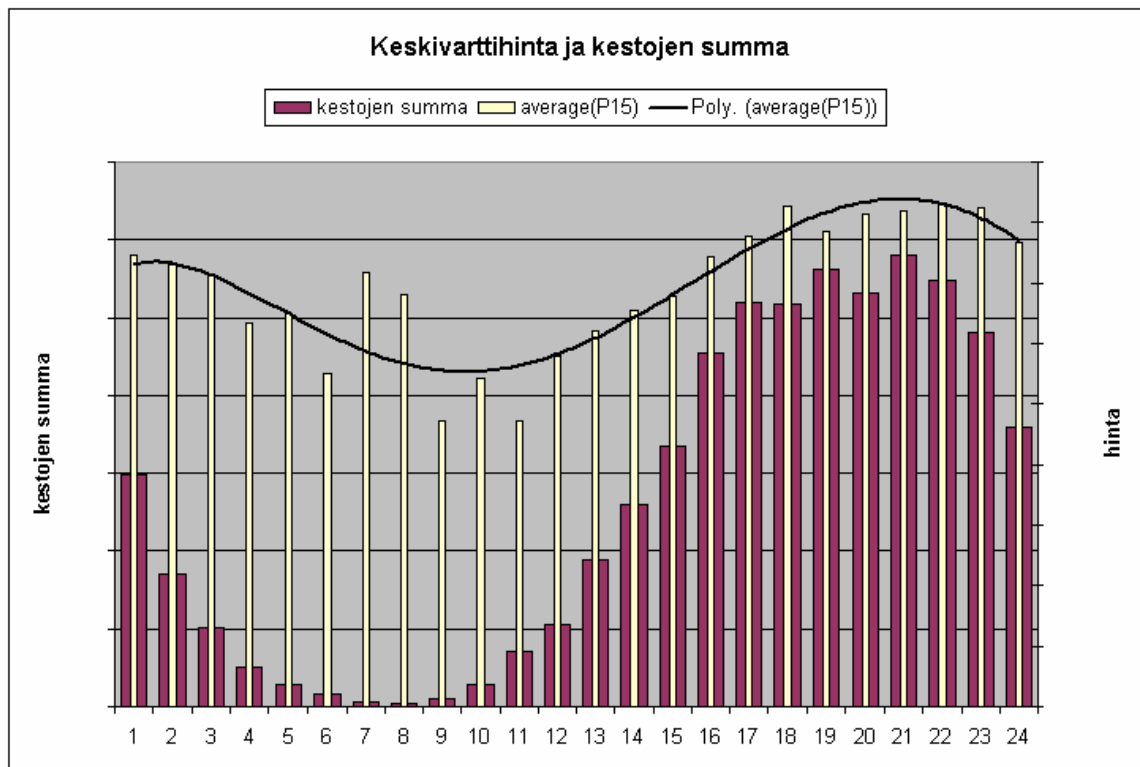
Tämän jälkeen validoimme vielä mallin regressioanalyysillä, jossa selitettiin aloitettujen pelien määrää kellonajan sini-sovitteilla, jolloin mallin kokonaisselitysasteesta tuli korkea. Vaikka kuudennen asteen polynomilla mallin selitysaste saatiin myös korkeaksi, päädyimme lopulta sinimuotoiseen sovitteeseen. Polynomisovitteiden ongelmana

verrattuna sinimuotoiseen sovitteeseen on se, että polynomimallin avulla ei voida huomioida kysytyyn määrän jaksollisuutta yhtä hyvin kuin sinimuotoisella sovitteella.

Suoritimme tarkastelut erikseen arkipäiville sekä viikonlopuille, ja pystyimme toteamaan pelaamiskäyttäytymisen olevan riittävällä tarkkuudella samanmuotoista sekä arkisin että viikonloppuisin. Kuitenkin arkisin ja viikonloppuisin pelien määrässä oli havaittavissa tasoero. Viikonpäiväanalyysin perusteella voimme yksinkertaistaa viikonpäivän vaikutusta siten, että mallissa erotellaan ainoastaan arkipäivät viikonlopusta (sen sijaan että jokainen päivä olisi erikseen).

3.1.3 Hinnan vaikutus pelaamisen määrään

Kuvassa 4 on esitetty pelin kestojen summat eri kellonaikoina sekä pelien keskimääräiset hinnat.



Kuva 4 Keskivarttihinnot ja kestojen summat

Keskivarttihinnojen (ohuet palkit) havaitaan riippuvan pelien määrästä (paksut palkit), tosin olemassa olevan hinnoittelijan ominaisuuksista johtuen hinnat seuraavat pelien määrää hieman jäljessä.

3.1.4 Yhteenveto regressioanalyysistä

Regressio-kappaleessa saatujen tulosten perusteella saadaan dynaamista hinnoittelijaa varten rakennettua osio, joka tutkii historia-dataan ja muokkaa siitä kysytyn määrän estimaatin, jonka perusteella hinta suurimmaksi osaksi määräytyy. Proseduuri olisi seuraavanlainen:

1. Kolmen edellisen kuukauden (tai puolen vuoden) toteutuneista kauppahinnoista poistetaan 24h ja sitä pidemmät varaukset koska ne on hinnoiteltu erikseen.
2. Järjestetään toteutuneet kauppahinnat vuorokauden tunnin mukaiseen järjestykseen.
3. Lasketaan tunneittain aloitettujen pelien kestot yhteen, mikä kuvaa melko tarkasti kysyttyä määrää kyseiselle tunnille
4. Sovitetaan tähän 24 pylvään tulokseen sinikäyrä MS-Excelin Solverin avulla, eli minimoidaan neliövirhettä kunkin pylvään ja lasketun sini-sovitteen välillä säätämällä sinin vaihekulmaa, tasoa ja amplitudia. Saatu sini-sovite toimii seuraavien vuorokausien kysytyn määrän estimaattina.
5. Hinta on suoraan verrannollinen kysytyyn määrään joten muutetaan sini-sovitteen taso vastaamaan laskettua keskivarttihintaa viimeiseltä kolmelta kuukaudelta. Säädetään sinin amplitudi vastaamaan keskivarttihintojen vaihtelua ja pidetään vaihekulma samana. Tasoa tulee skaalata vielä palvelinkohtaisella kertoimella.

3.2 Hintajoustopien määrittäminen datasta

Seuraavaksi tarkastellaan hintajoustopien määrittämistä historiadatan perusteella. Jotta hintajoustopien oli saatavissa jotain järkevää informaatiota, haluttiin varmistaa, että kysytyyn määrään vaikuttavista tekijöistä muut kuin hinta olisivat mahdollisimman muuttumattomia.

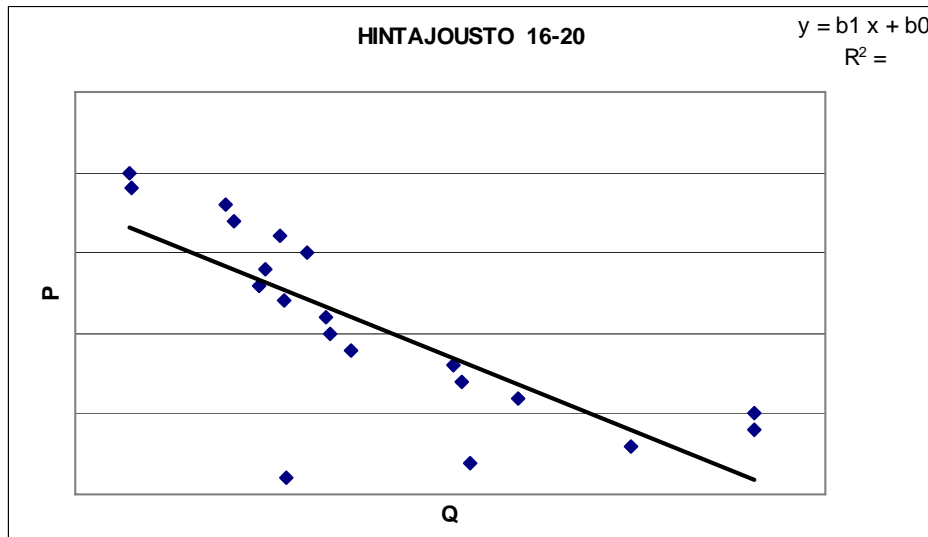
Ensinäkin työssä keskityttiin hintajoustopien osalta tutkimaan ainoastaan yhdellä palvelimella (palvelin, jolla oli eniten myytyjä pelejä) toteutuneita pelejä, sillä joitain palvelimia oli pidetty parempana, ja tällä oli havaittavissa selkeä korrelaatio hintaan. Hintajoustopien selvittäminen jokaiselle palvelimelle erikseen olisi lisäksi vaatinut huomattavasti enemmän työtä. Tutkittavaksi valittu palvelin valittiin, koska siinä katsottiin olevan riittävästi lähtötietoja.

Seuraavaksi data jaettiin pelien alkamisajankohdan mukaan viiteen eri luokkaan (klo 00-04, klo 04-08, klo 08-12, klo 12-16, klo 16-20, klo 20-24). Tämä tehtiin siksi, että analyysin perusteella huomattiin vuorokauden ajan vaikuttavan merkittävästi aloitettujen pelien määrään. Jokaista luokkaa tarkasteltiin erikseen.

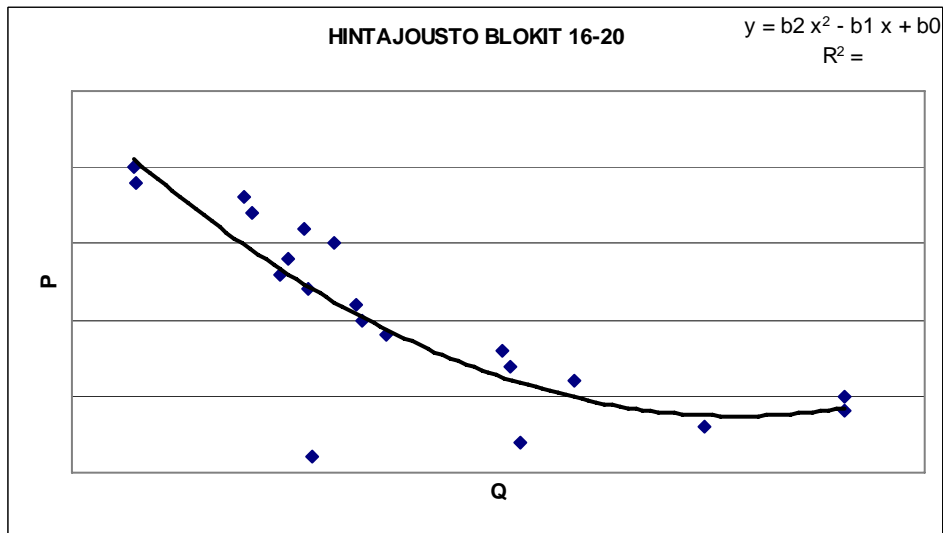
Tämän jälkeen jokaisesta myyntitapahtumasta kunkin luokan sisällä selvitettiin sitä vastaava varttikohtainen hinta ja kysytyt 15 minuutin blokit. Data järjestettiin uudestaan varttikohtaisen hinnan perusteella. Näin saatiin kuva yleisestä hintatasosta luokan sisällä.

Tämän jälkeen data järjestettiin tasavälisiin hintaluokkiin jolloin saatiin selville kunkin hintaluokan 15 minuutin blokkien kysyty määrä.

Hintajoustopon selvittämiseksi sovitimme sekä lineaarisen että toisen asteen kysyntäkäyrän ja ratkaisimme niiden perusteella vastaavat hintajoustopot sekä optimaalisen hinnan luvussa 2.2.2 esitetyllä menetelmällä. Kuvissa 5 ja 6 on esitetty esimerkki hintajoustopojen ja tuoton maksimoivien hintojen selvittämisestä luokalle 16-20.



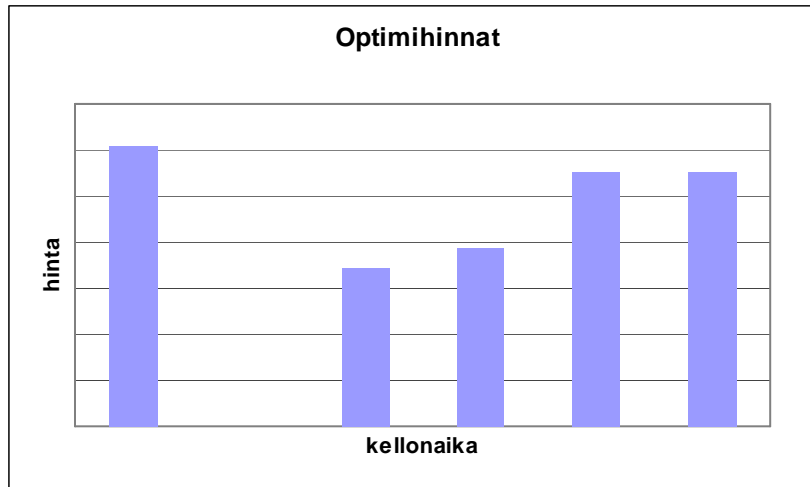
Kuva 5 Lineaarinen sovite hintajoustopolle



Kuva 6 Toisen asteen polynomisovite hintajoustopolle

Vastaavat kuvaajat ja laskelmat on tehty kaikille luokille. Yhden luokan kohdalla kuitenkin emme saaneet laskettua hintajoustopoja johtuen pienestä havaintojen määrästä

kyseisessä luokassa. Kuvassa 7 on esitetty aikaluokille optimihintojen keskiarvot lineaarisen ja polynomisen kysyntäkäyrän hintajoustoista. Huomioitavaa on se, että hintajoustojen avulla lasketut optimihinnat näyttäisivät vaihtelevan syklisesti kellonajan mukaan, mikä on loogista kun tiedetään kysynnän vaihtelevan myös syklisesti eri vuorokaudenaikoina.



Kuva 7 Kellonaikakohtaiset hintajoustojen avulla lasketut optimihinnat

3.2.1 Tulosten luotettavuudesta

Kuten luvussa 2.2.2 mainittiin, hinnan määrittäminen hintajouston perusteella edellyttää, että muut tekijät, kuten esimerkiksi kilpailu ja asiakkaiden määrä, pysyvät muuttumattomina. Tässä tutkimuksessa voidaan olettaa, että kilpailu on pysynyt muuttumattomana, sillä vastaavia palvelun tarjoajia ei Suomessa ole. Ostajien määrän muutoksista ei ole tietoa, mutta asiakasmäärän voidaan olettaa kasvaneen tasaisesti. Asiakkaiden tulotason muutoksista ei voida datan perusteella sanoa mitään, kuin ei myöskään substituutti- ja tai komplementtituotteiden kysynnästä tai asiakkaiden tulevaisuuden odotuksista. Lisäksi on huomioitava, että analyysi tehtiin vain yhdelle palvelimelle.

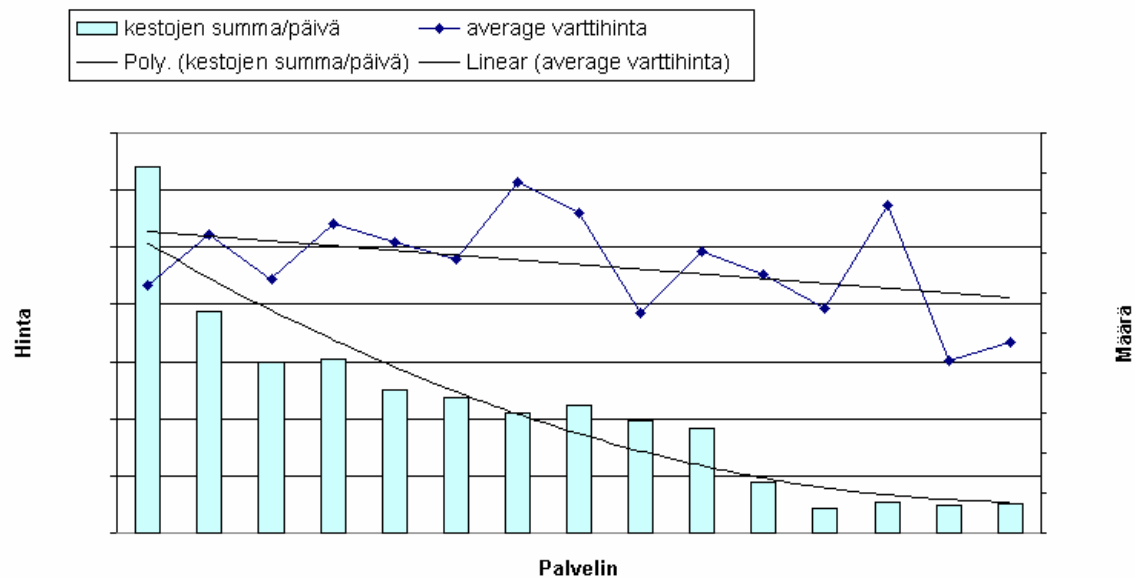
Yksi hintajouston selvittämistä vaikeuttanut asia on tuotteen räätälöitävyys. Asiakkaalla on mahdollisuus valita haluamansa pituinen peliaika aina nykyhetkestä kahden viikon päähän, jolla on ollut vaikutusta hinnan muodostumiseen. Käytännössä tällöin voidaan puhua jopa eri tuotteista. Käytössämme ei myöskään ole ollut tietoa siitä, kuinka kauan tuotetta on tarjottu kullakin hinnalla, mikä vaikuttaa suoraan kysytyyn määrään. Samoin tieto kielteisistä ostopäätöksistä puuttuu. Näiden selvittäminen olisi varmasti hyödyllistä tarkempaa kysyntäanalyysiä tehtäessä.

Tästä johtuen hintajouston perusteella laskettuja optimihintoja voidaan pitää vain suunta-antavina lähtötasoina, joita täytyy vielä hienosäätää.

3.3 Palvelinten arvottaminen

#CMAX.gg:lla on paljon eri palvelintoimittajia ja niitä luonnollisesti lisätään ja vähennetään tarpeen mukaan. Palvelimilla on eri kysynät pääsääntöisesti niiden tehokkuuden johdosta, eli nopean vasteajan omaava palvelin on halutumpi, koska siellä peli toimii ilman haittaavia viiveitä. Historiadataa analysoitaessa olemme tähän asti tarkastelleet keskimääräisiä hintoja. Kuvassa 8 on esitetty palvelinkohtaiset erot kysytyissä määrissä ja palvelimien keskimääräisissä varttihinnoissa.

Palvelimien "käyttöasteet" ja keskivarttihinnat



Kuva 8 Palvelinkohtaiset erot

Päädymme siihen, että otamme eri palvelimien erot huomioon skaalaamalla keskimääräistä hintaa palvelinkohtaisella kertoimella. Palvelinkohtaiset kertoimet laskimme siten, että jaoimme jokaisen palvelimen keskivarttihinnat kaikkien palvelimien keskivarttihinnoilla. Keskihinta-estimaatit ovat lähtökohtia simuloinnille ja myös todelliselle hinnoittelijalle, missä ne lähtevät ajanmittaa kehittymään. Skaalauksen ajatuksena on että palvelimet toimivat samalla tavalla simuloinnissa ja itse mallissakin ja niitä vain hintaa skaalataan tilanteen mukaan palvelinkohtaisesti.

4 Dynaaminen hinnoittelumalli

Hinnoittelijamme koostuu kolmesta tekijästä: perushinnasta, palvelinkertoimesta, sekä dynaamisen vaikutuksen aiheuttavasta varausastetekijästä. Varausastetekijä on funktio hinnoiteltavan vartin ja sitä lähellä olevien varttien varausasteista. Se sitoo hinnan siihen, kuinka paljon palvelimia on kysytty ko. ajankohtana.

Hinnoittelijamme voidaan esittää siis muodossa

$$P_{i,n}(t) = s_i C_n(t) P_n,$$

missä i on hinnoiteltava palvelin, n hinnoiteltava vartti, s_i palvelinkerroin, $C_n(t)$ varausastetekijä, P_n perushinta ja $P_{i,n}(t)$ hinnoittelijan antama hinta.

4.1 Varausasteen vaikutus

Varausasteella tarkoitetaan tässä yhteydessä osuutta palvelimista, jotka ovat varattuina tietyllä 15 minuutin aikajaksolla. Taulukossa 2 on esimerkki tietyn ajanjakson varausasteen laskemisesta.

Taulukko 2 Esimerkki varausasteen laskemisesta

		Palvelin					Varausaste
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S _j	
ajanjakso	1	1	1	0	1	1	80 %
	2	0	0	0	0	0	0 %
	3	1	1	1	1	1	100 %
	4	1	0	0	0	0	20 %
	i	1	0	0	1	1	60 %

Solun arvo kertoo, onko ajanjakso varattu tietyltä palvelimelta
 0 = FALSE, 1 = TRUE

Varausasteeseen vaikuttaa myös se, kuinka moni palvelimista on myyty kyseisellä hetkellä päivävarauksella. Palvelimien määrä ei myöskään vakio kaikilla ajanhetkillä, mikä vaikeuttaa varausasteiden laskemista. Saamastamme historiadatasta emme näiden seikkojen vuoksi pystyneet laskemaan toteutuneita varausasteita.

Varausastetekijän funktio f_C voisi olla argumentti kerrottuna vakiolla $f_C(x) = ax$, joka säätää varausastetekijän sopivalle tasolle. Sopivalla tasolla tarkoitetaan sitä, että perushinta annetaan sopivan varausasteen vallitessa. Parempi valinta funktioksi f voisi kuitenkin olla eksponentiaalifunktio $f_C(x) = a_1 e^{a_2 x}$. Parametreilla a_1 ja a_2 voidaan säätää esimerkiksi sopiva hinta keskimääräiselle varausasteelle ja sopiva maksimihinta.

Eksponentiaalinen funktio voi olla vakiolla kertomista parempi siinä mielessä, että hinnan kasvuvauhti lisääntyy varausasteen kasvaessa.

Funktion syötteenä ovat sekä kyseisen vartin varausaste sekä muutaman edellisen ja seuraavan vartin varausasteet painotettuna sopivilla kertoimilla. Alla on esitetty varausastetekijän kaava, kun on käytetty kolmen edellisen ja seuraavan vartin varausasteita.

$$C_n(t) = f_C(1 + b_0 c_n(t) + b_1(c_{n+1}(t) + c_{n-1}(t)) + b_2(c_{n+2}(t) + c_{n-2}(t)) + b_3(c_{n+3}(t) + c_{n-3}(t))),$$

missä $C_n(t)$ on vartin n varausasteesta hetkellä t aiheutuva kerroin ja $c_n(t)$ on vartin n varausaste.

Hinnoiteltavaa varttia ennen ja jälkeen olevien varausasteiden mukanaolo ei ole mitenkään välttämätöntä, mutta ne tuovat lisäinformaatiota kysynnästä hinnoittelun tueksi, vaikka peräkkäisten varttien varausasteet ovatkin oletettavasti korreloituneita. Tämä johtuu siitä, ettei yhden vartin varausasteessa välttämättä tapahdu riittävän usein muutoksia.

Lineaarikombinaation parametrien b_0, b_1, b_2 ja b_3 tarkoituksena on painottaa eri varausasteita sopivasti. Luontevinta on painottaa eniten tarkasteltavaa varttia ja vähiten kauimpana olevia vartteja.

4.2 Paljousalennus

Jos asiakas ostaa aikaa pidemmäksi ajanjaksoksi, hinnoittelija voi antaa asiakkaalle lisäksi paljousalennuksen. Alla on esitetty kokonaishinta ostettaessa useampi vartti, missä k on ostettavien varttien määrä ja $f_Q(k)$ on funktio, joka määrää paljousalennuksen määrän.

$$P_{TOT}(t) = f_Q(k) \cdot \sum_{i=1}^k P_{i,n}(t)$$

5 Simulointi mallilla

Seuraavaksi tutkitaan hinnoittelumallin toimintaa simulointien avulla. Tätä varten olemme käyttäneet Matlab/Simulinkia. Käyttämämme Simulink-malli sekä siihen liittyvät Matlab-koodit ovat liitteenä.

5.1 Hinta varausasteen funktiona

Määritellään ensin varausasteiden käyttäytyminen joko deterministisenä tai satunnaisena prosessina ja tutkitaan hinnoittelijan antaman hinnan käyttäytymistä.

Käytetään hinnoittelumallin perushintana 20 yksikköä, palvelinkertoimena ykköstä ja valitaan varausastetekijän parametreiksi $b_0 = 1, b_1 = \frac{1}{2}, b_2 = \frac{1}{4}$ ja $b_3 = \frac{1}{8}$. Käytetään ensiksi ensimmäisen asteen lineaarista funktiota. Valitaan parametri a siten, että kaikkien varausasteiden ollessa 0.6 saadaan varausastetekijäksi ykkönen. Näin saadaan $a = \frac{20}{53}$.

Valitaan aluksi palvelimien yhteismääräksi vakio 20 kaikille varteille. Varataan palvelimia satunnaisprosessina siten, että varattujen palvelimien määrä kasvaa kunakin ajan hetkellä yhdellä kappaleella sellaisella todennäköisyydellä, että kaikki 20 palvelinta on odotusarvoisesti varattu juuri tarkastelujakson lopussa.

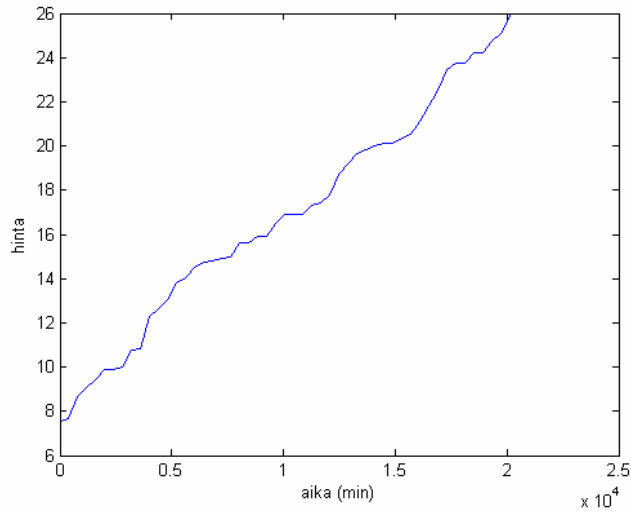
Kuvassa 9 on saatu hinta ajan funktiona ja kuvassa 10 hinnoiteltavan vartin varausaste. Kuvista havaitaan varausasteen melko lineaarinen kehitys sekä varausasteen ja hinnan lineaarinen suhde. Havaitaan hinnan kasvavan nopeimmin silloin, kun hinnoiteltavan vartin varausaste kasvaa. Pienemmät hinnan nousut johtuvat muiden mallissa mukana olevien varttien varausasteiden muutoksista.

Tutkitaan käyttäytymistä myös tilanteessa, jossa varausastetekijän funktio on lineaarinen, mutta varausasteet kasvavat eksponentiaalifunktion mukaisesti nolasta lähelle ykköstä. Eri varttien varausasteiden eksponentiaalifunktioiden jyrkkyydet poikkeavat hiukan toisistaan. Käyttäytyminen on odotetun mukaista: eksponentiaalifunktioiden ja vakioiden lineaarikombinaatio on eksponentiaalinen.

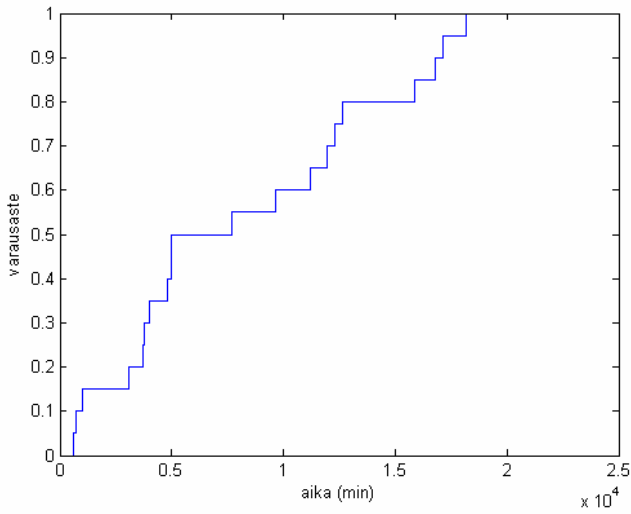
Muutetaan seuraavaksi hinnoittelumallin varausastetekijän funktio eksponentiaaliseksi. Valitaan funktion parametrit siten, että varausastetekijä on yksi, kun kaikki varausasteet ovat 0.6, ja kaksi, kun varausasteet ovat ykkösiä. Näin saadaan parametreille arvot

$a_1 = 2e^{-3.75 \frac{\log 2}{1.1}}$ ja $a_2 = \frac{\log 2}{1.1}$. Käytetään samoja satunnaisprosessina kehittyviä

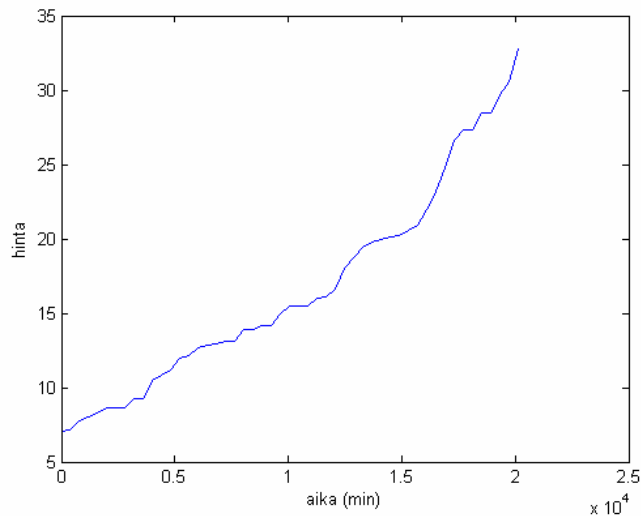
varausasteita kuin aiemmin. Hinnoiteltavan vartin varausaste on kuvassa 11. Hinnoittelijan antama hinta on esitetty kuvassa 12. Hinnoittelumallissa oleva eksponentiaalisuus näkyy selvästi kuvasta. Keskimäärin melko lineaarinen varausaste muuttuu eksponentiaalisesti kasvavaksi hinnaksi.



Kuva 9 Hinta, kun varausasteet kasvavat satunnaisprosessina ja varausastetekijän funktio on lineaarinen.



Kuva 10. Satunnaisprosessina kasvava hinnoiteltavan vartin varausaste.



Kuva 11 Hintaa, kun varausasteet kasvavat satunnaisprosessina ja varausastetekijän funktio eksponentiaalinen.

Suoritetaan sama tutkimus myös eksponentiaalisesti kasvavien varausasteiden kanssa. Tulos on odotetun kaltainen. Varausasteiden ja yksiköiden lineaarikombinaatio on eksponentiaalinen. Kun se syötetään toiseen eksponentiaalifunktioon, eksponentiaalinen käyttäytyminen voimistuu. Hinnoittelija lisää kasvun eksponentiaalisuutta.

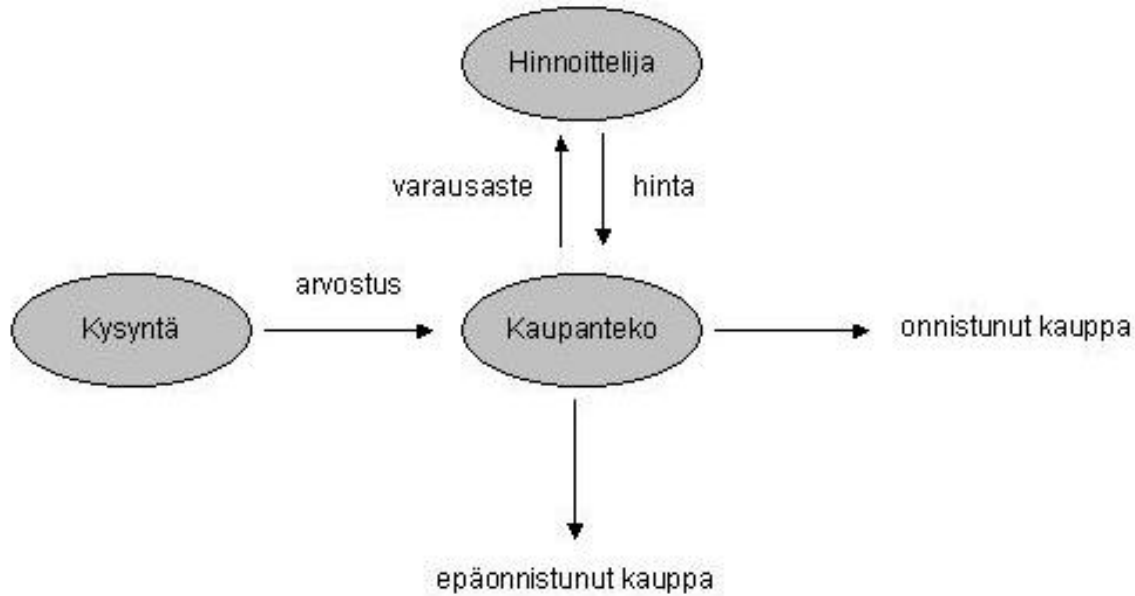
Tutkitaan vielä tapaus, jossa kolme hinnoiteltavaa varttia edeltävää ja kolme sitä seuraavaa varttia koskevat varausasteet ovat yksiköitä koko tarkastelujakson ajan. Tällöin varausastetekijä voi saada lineaarisen funktion tapauksessa arvoja väliltä [1.0377 1.4151] ja eksponentiaalisen funktion tapauksessa arvoja väliltä [1.0650 2]. Nämä arvot vaikuttavat tilanteeseen järkeviltä.

Tutkimme eri tavoin kasvavien varausasteiden vaikutusta hinnoittelijan toimintaan. Tarkoituksena oli selvittää, käyttäytyykö hinnoittelijan antama hinta odotetulla tavalla. Tutkimuksessa ei otettu kantaa käyttäytymisen hyvyyteen suhteessa kysyntään.

Yleisesti havaittiin hinnan käyttäytyvän odotetulla tavalla. Hinnoittelijan varausastetekijän eksponentiaalinen funktio toi hinnan kehitykseen toivottua eksponentiaalista muotoa.

5.2 Hinnoittelijan toiminnan simulointi kysynnällä

Edelle tarkasteltiin hinnoittelijan toimintaa erilaisilla varausasteiden kehitysskenaarioilla. Pehdytään hinnoittelijan toimintaan perusteellisemmin simuloimalla sitä muodostetulla kysynnällä. Simuloidaan yhden vartin hinnoittelua kahden viikon ajan minuutin tarkkuudella viiden hinnoiteltavan palvelimen tapauksessa. Simuloinnin toteuttaminen Matlabilla osoittautui yllättävän toimivaksi ratkaisuksi, joten käytimme sitä.



Kuva 12 Simuloinnissa käytetty malli

Kuvassa 12 on esitetty pääpiirteissään käyttämämme simulointimalli. Se voidaan jakaa kolmeen osaan: kysyntään, hinnoittelijaan ja kaupantekoon. Seuraavaksi kerrotaan tarkemmin kustakin osasta tässä simuloinnissa.

Kysyntäosassa mallinnetaan kysyntää. Mallinsimme kysynnän yksinkertaisesti määrittelemällä arvostuksen kullekin viidestä palvelimesta kunakin myyntiajanjakson minuuttina. Tämä vastaa ikään kuin tilannetta, jossa joka minuutti olisi kutakin palvelinta kohden asiakas, joka olisi valmis maksamaan arvostuksen mukaisen hinnan. Lähestymistapa on tilanteeseen sopiva, koska käytössämme ei ole erikseen dataa asiakasintensiteetistä. Tunnumme vain toteutuneet kaupat. Toteutuneista kaupoista saadaan jonkinlainen käsitys arvostuksen kehittymisestä.

Tässä raportissa esitetyssä simulaatiossa emme käyttäneet oikeaa dataa salassapitosyystä. Kuitenkin kysynnässä otettiin huomioon se tosiasia, että asiakkaat ostavat palvelinajan mielellään vähän ennen ajan alkamista. Varauksia tehdään vähän pitkälle ennakkoon. Valitsimme arvostukset siten, että ne ovat normaalijakautuneet eksponentiaalifunktion ympärille. Valitsimme eksponentiaalifunktiot siten, että hinnoittelijassa käytettyjen perushinnan ja palvelinkertoimen tulo kanssa yhtä suuri odotusarvoinen arvostus saavutetaan noin kolme vuorokautta ennen varattavaa ajankohtaa. Kolmen viimeisen vuorokauden aikana odotusarvoinen arvostus kaksinkertaistuu. Lisäksi arvostus on alussa odotusarvoisesti suurin piirtein 10 yksikön ja hinnoittelijassa käytetyn palvelinkertoimen tulo. Simuloinnissa käytetty arvostus on esitetty yksityiskohtaisesti seuraavissa kaavoissa

$$E[A_i(t)] = s_i(0.18e^{0.000248t} + 10)$$

$$A_i(t) = N(E_i[A], 0.1E_i[A])$$

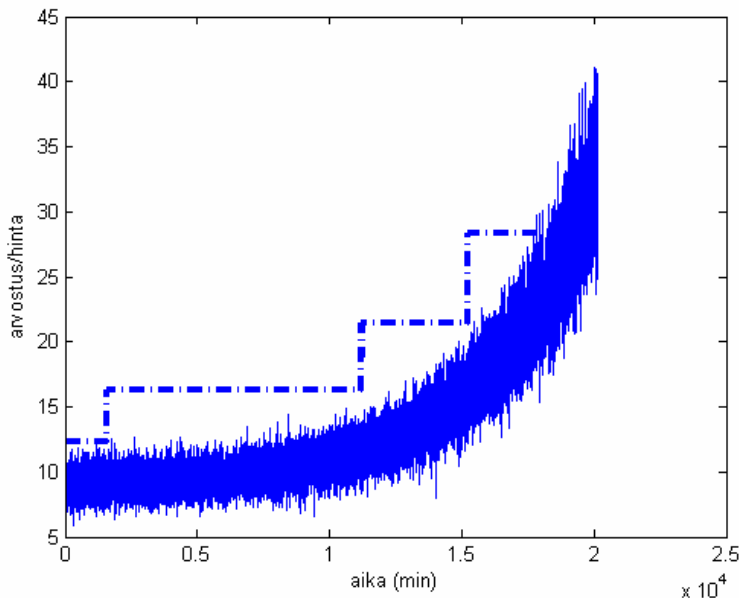
joissa $A_i(t)$ palvelimen i arvostus, $E[A_i(t)]$ palvelimen i arvostuksen odotusarvo, s_i palvelinkerroin ja t aika minuutteina.

Hinnoittelijaosassa laskemme hinnan kulloisellakin varausasteella käyttämällä muodostamaamme hinnoittelijaa. Varausastetekijässä käytämme eksponentiaalifunktiota. Tässä simulaatiossa ei huomioida edeltävien ja seuraavien varttien varausasteiden käyttäytymistä, vaan ne asetetaan vakioiksi.

Kaupanteko-osassa vertaillaan kysynnän antamaa arvostusta ja hinnoittelijan antamaa hintaa. Mikäli arvostus on hintaa korkeampi, kyseinen palvelinaika myydään ja palvelin poistetaan markkinoilta. Kaupanteko-osassa pidetään kirjaa varausasteesta ja syntyneiden kauppajen myyntihinnasta.

Jos hinnoittelumallin tarkat parametrit haluttaisiin selvittää simulaatioiden avulla, simulaatiota olisi hyvä toistaa useamman kerran ja verrata eri simulointikerroilla saatuja parametriestimaatteja toisiinsa. Tätä raporttia varten muodostetulla keinotekoisella datalla simulaatioita ei kuitenkaan toistettu. Simulaation tavoitteena tässä yhteydessä on tutkia enemmänkin mallin kvalitatiivista käyttäytymistä ja demonstroida sen toimintaa.

Kuvassa 13 on simuloinnin tulokset, josta näkyy erään palvelimen arvostukset ja hinnoittelijan antamat hinnat. Hinnat on esitetty paksuin katkoviivoin. Kuvasta havaitaan, kuinka hinta kapuaa ylöspäin palvelinajan arvostuksen kasvaessa varausasteen suurenemisen myötä. Kun perushinta on alhainen, palvelimet myydään aikaisessa vaiheessa. Tämä tuo myyjän toimintaan toki varmuutta, koska kaupat saadaan aikaan aikaisemmin, mutta samalla jää hyödyntämättä myyntijakson lopussa oleva valmius maksaa palvelinajasta enemmän. Kun perushintaa nostetaan, saadaan parempi tulos myynnin määrässä mitattuna. Korkealla perushinnalla myyntijakson alussa hinnoittelijan antama hinta on selkeästi arvostusta korkeampi. Tämä tuo tässä tapauksessa myynnillä mitattuna hyvän tuloksen, mutta on aika riskialtista, sillä todellisuudessa arvostus ei välttämättä nouse samalla tavalla kuin simuloinneissa. Hinnoittelija ei pysty laskemaan hintaa, jollei tule lisää palvelimia. Liian korkealla perushinnalla voi palvelimia jäädä myymättä, jos arvostus ei nouse odotetulla tavalla myyntiajan lopussa. Paras ratkaisu olisi se, että hinta seuraisi arvostusta hieman sen yläpuolella. Tällöin olisi pieni riski sille, että palvelinaikaa jää myymättä, mutta samalla poimittaisiin enemmän korkeita hintoja.



Kuva 13 Esimerkki palvelimen arvostuksesta ja hinnoittelijan antamasta hinnasta

Huomioitavaa on se, että simuloinnissa ei ole mukana edeltävien ja seuraavien varttien varausasteiden muutoksia, jotka tuovat mukanaan lisää hinnan muutoksia. Vierekkäisten varttien varausasteilla on voimakas positiivinen korrelaatio, joten viereisten varttien varausasteiden tuomaa vaikutusta saadaan korottamalla hinnoiteltavan vartin varausasteen kerrointa hinnoittelijan varausastetekijässä.

Simuloinneissa havaittiin hinnoittelijan toimivan jotakuinkin halutulla tavalla. Tärkeää on sopivan perushinnan, palvelinkerroimen ja varausastetekijän parametrien valinta. Perushinta, palvelinkerroin ja varausastetekijän parametrit on valittu sopivasti, kun hinnoittelijan antama hinta seuraa arvostusta, mutta on kuitenkin sen verran yläpuolella, että kaikkia palvelimia ei myydä matalan arvostuksen aikaan.

Simulointituloksista voidaan löytää hinnoittelumallimme heikot kohdat. Tietyn vartin hinta laskee vain silloin, kun palvelimien määrä nousee. Vaikka kauppa ei käy, säilytetään samaa hintaa. Toinen heikkous, joka on myös mallin merkittävä vahvuus, on se, että hintaa nostetaan vain silloin, kun jotain myydään. Mikäli hinnan halutaan seuraavan jollain tavoin arvostusta, on pakko myydä jokin palvelin halvalla, jotta saadaan hinta nousemaan arvostuksen mukana. Hinnan sitominen myyntiin on toki siinä mielessä järkevää, että tällöin käsittelemme todellisia tapahtumia emmekä vain ennusteita.

6 Johtopäätökset

Kuten alussa oletimme, pelaajan kysyntä riippuu voimakkaasti vuorokaudenajasta. Kysynnässä on myös eroja, kun verrataan viikonloppuja ja arkipäiviä. Vuorokausivaihtelu pelien määrässä on karkeasti ottaen sinimuotoista, ja pystyimme sovittamaan sinimuotoisen sovitteen palvelun kysytyyn määrään korkealla selitysasteella. Kun laskimme optimaaliset hinnat eri kellonaikoina perustuen hintajoustoihin, hintojen havaittiin seuraavan myös vuorokausikohtaista sykliä karkeasti ottaen samalla tavalla kuin regressioanalyysiosiossa mallinnettu kysyty määrä. Huomioitavaa on kuitenkin se, että laskemamme hinnat ovat vain suuntaa antavia, kuten kappaleessa 3.2.1 mainittiin.

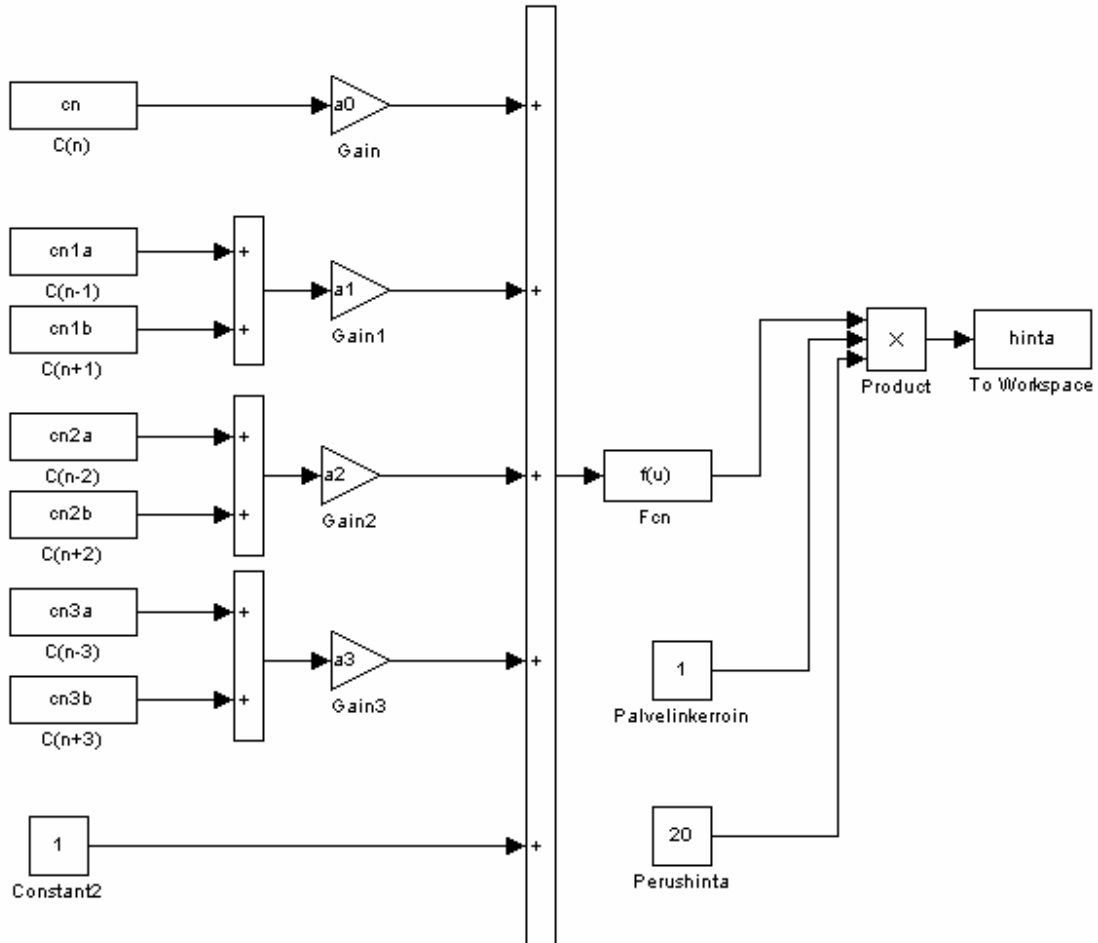
Dynaamisen tekijän malliin tuo varausasteen vaikutus. Hinta on sitä korkeampi mitä suurempi osuus olemassa olevasta palvelinajasta on varattuna. Alussa mietimme myös sitä, pitäisikö hinnan riippua suoraan varausajankohdasta, mutta luovuimme tästä kahdesta syystä. Ensinnäkin varausajankohdan vaikutus ilmenee myös varausasteesta, sillä varausaste on sitä alhaisempi mitä aikaisemmin peliaika ostetaan. Tämä johtuu siitä, ettei jo ostettua peliaikaa ei voida myydä takaisin järjestelmään. Jälleenmyynti toisille asiakkaille on tosin mahdollista, mutta pelaajan jälleenmyynti on merkityksetöntä vähäisyytensä vuoksi. Toisena syynä on se, että varausajankohdan perusteella asiakkaille voitaisiin antaa viime hetken alennuksia palvelusta (vrt. StandBy lentoliput) mutta tähän ei ole tarvetta sen vuoksi, että palvelun asiakkaat muutenkin ostavat pelaajan juuri ennen pelin alkamista.

Mikäli #CMAX.gg aikoo hyödyntää rakentamaamme hinnoittelumallia, hintajoustopojen avulla lasketut hinnat pitäisi pystyä laskemaan tarkemmin. Toiseksi olisi hyvä, että palvelimien varausasteet voitaisiin laskea, mitä me emme kyenneet tekemään johtuen saamamme historiadatan rajallisuuksista. Hintajoustopojen avulla laskemamme staattinen perushinta liittyy tiettyyn varausasteeseen, eikä pelkkä perushinta ilman tietoa varausasteesta riitä hinnoittelumallia varten. Lisäksi yhtiön on päätettävä, miten paljon se haluaa mahdollisesti muuttaa asiakkaiden käyttäytymistä määrittämällä varausastefunktion muoto parametreineen sekä mahdollisesti myös funktio paljousalennuksia varten.

Ajan mittaan, kun yritys saa käyttöönsä historiadataa pidemmältä aikaväliltä, myös pidempiaikaisten trendien vaikutukset asiakkaiden käyttäytymisessä sekä erikoispäivien ja -sesonkien vaikutus tulee paremmin selville ja tarpeen vaatiessa voidaan lisätä hinnoittelumalliin. Mikäli asiakkaiden käyttäytymisessä on havaittavissa trendi, mallin antamia perushintoja ei esimerkiksi voida pitää vakiona vaan niitä on päivitettävä tietyin väliajoin käyttäen hyväksi tuoretta myyntidataa. Toinen jatkokehitysmahdollisuus liittyy päivävarauksien analysointiin, jotka oli rajattu tämän projektityön ulkopuolelle, mutta joita yritys myös myy.

7 Liitteet

7.1 Simulointimalli



Kuva 14 Simulointimalli

7.2 Simuloinneissa käytetyt arvostusfunktiot

```
function arv=arvostus1(t)
a1=0.18;
a2=0.000248;
a3=10;
e_arv=(a1*exp(t*a2)+a3)*0.5;
s=0.1*e_arv;
arv=normrnd(e_arv,s);

function arv=arvostus2(t)
a1=0.18;
a2=0.000248;
a3=10;
e_arv=(a1*exp(t*a2)+a3)*0.9;
s=0.1*e_arv;
arv=normrnd(e_arv,s);

function arv=arvostus3(t)
a1=0.18;
a2=0.000248;
a3=10;
e_arv=(a1*exp(t*a2)+a3)*1.0;
s=0.1*e_arv;
arv=normrnd(e_arv,s);

function arv=arvostus4(t)
a1=0.18;
a2=0.000248;
a3=10;
e_arv=(a1*exp(t*a2)+a3)*1.1;
s=0.1*e_arv;
arv=normrnd(e_arv,s);

function arv=arvostus5(t)
a1=0.18;
a2=0.000248;
a3=10;
e_arv=(a1*exp(t*a2)+a3)*1.5;
s=0.1*e_arv;
arv=normrnd(e_arv,s);

function hinta=hinnoittelija(x1,x2,x3)
b0=1;
a1=2*exp(-3.75*log(2)/1.1);
a2=log(2)/1.1;
hinta=x1*x2*a1*exp(a2*(b0*x3+2.05));
```

7.3 Kapasiteetin kehitys satunnaisprosessina

```
kok_kapasiteetti=20;
aika_yht=20160;

% Varaustodennäköisyys

p=1000*kok_kapasiteetti/aika_yht;

c(1:7)=0;

for aika=0:aika_yht
    for k=1:7
        if c(k)<kok_kapasiteetti & 1000*rand<p
            c(k)=c(k)+1;
        end
    end
    ct(aika+1,1)=aika;
    ct(aika+1,2:8)=c(1:7)/kok_kapasiteetti;
end

% Sopivaan muotoon Simulinkia varten

cn=[ct(:,1) ct(:,2)];
cn1a=[ct(:,1) ct(:,3)];
cn1b=[ct(:,1) ct(:,4)];
cn2a=[ct(:,1) ct(:,5)];
cn2b=[ct(:,1) ct(:,6)];
cn3a=[ct(:,1) ct(:,7)];
cn3b=[ct(:,1) ct(:,8)];
```

7.4 Hinnoittelijan simulointi kysynnällä

```
aika_yht=20160;

varausaste=0;
varattu=zeros(1,5);
perushinta=20;
palvelinkerroin=[0.5 0.9 1 1.1 1.5];
palvelinmaara=5;
n=0;
myynti=0;

for aika=0:aika_yht

    % Hinnat

    for k=1:5
        if varattu(k)==0

            hinta(aika+1,k)=hinnoittelija(perushinta,palvelinkerroin(k),varausaste(aika+1))
            ;
            else
                hinta(aika+1,k)=inf;
            end
        end

        % Arvostukset

        arv(aika+1,1)=arvostus1(aika);
        arv(aika+1,2)=arvostus2(aika);
        arv(aika+1,3)=arvostus3(aika);
        arv(aika+1,4)=arvostus4(aika);
        arv(aika+1,5)=arvostus5(aika);

        % Varaus

        for k=1:5
            if arv(aika+1,k)>=hinta(aika+1,k)
                varattu(k)=1;
                n=n+1;
                myynti(n)=hinta(aika+1,k);
            end
        end

        varausaste(aika+2)=sum(varattu)/palvelinmaara;

    end

    tulot=sum(myynti)

aika=0:aika_yht;
```

8 Viitteet

¹ Klein S. ja Loebbecke, C., 'Emerging Pricing Strategies on the Web: Lessons Learned from the Airline Industry', *Electronic Markets*, Volume 13 (1), s.46-58, 2003

² Parkin, Powell, Matthews, 'Economics', 6. painos, Addison-Wesley, 2005

³ Weiss R. M. ja Mehrotra A. K., 'Online Dynamic Pricing: Efficiency, Equity and the Future of E-commerce', *Virginia Journal of Law and Technology*, 2001, (<http://www.vjolt.net/vol6/issue2/v6i2-a11-Weiss.html>)

⁴ McGill J.I. ja van Ryzin G. I., 'Revenue Management: Research Overview and Prospects', *Transportation Science*, Vol. 33 No. 2 May 1999, s.233-256, 1999, (<http://leeds-faculty.colorado.edu/laguna/syst7330/rmoverview.pdf>)

⁵ Elmagharby W. ja Keskinocak P., 'Dynamic Pricing in the Presence of Inventory Considerations: Research Overview, Current Practices and Future Directions', *Management Science*, Vol. 49 No. 10 October 2003, 2003

⁶ Anandaligam G., Day R. W. ja Raghavan S., 'The Landscape of Electronic Market Design', *Management Science*, Vol. 51 no. 3 March 2005, s.316-327, 2005

⁷ Keat, P. G., Young, P. K. Y., 'Managerial Economics: Economic Tools for Today's Decision Makers', Fourth Edition, Prentice Hall, 2003

⁸ Mellin, I. 2005. 'Mat-2.128 Ennustaminen ja aikasarja-analyysi. Kurssimateriaali', Teknillinen korkeakoulu, (<http://www.sal.tkk.fi/Opinnot/Mat-2.128/>)