



Aalto-yliopisto  
Perustieteiden  
korkeakoulu

# Clearance price optimization of seasonal products

*Emil Nyman*

*17.04.2019*

Ohjaaja: *Erkka Saarinen*

Valvoja: *Ahti Salo*

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

# Tausta

- Sesonkituotteet
  - Rajattu myyntijakso
  - Varasto tyhjennettävä myyntijakson loppuun mennessä
- Kysynnän ennustaminen hankalaa
  - Myyntijakson aikainen kysyntäprofiili usein vinoutunut
  - Kysyntään vaikuttaa moni tekijä
- Hinnoittelu
  - Tuottovaikutukset
  - Hintajousto usein merkittävä

# Työn tavoite ja rajaukset

*Rakentaa poistomyynnin hintaoptimointimalli sesonkisille tuotteille kirjallisuuden pohjalta*

- Testidata koostui neljästä ulkoliikunnan sesonkituotteista, jotka eivät liittyneet toisiinsa
- Kaksi vuotta viikottaista transaktiodataa eurooppalaiselta vähittäiskauppaketjulta
- Poistomyyntikausi määritetty etukäteen
- Päätösmuuttujana yhden hinnan asettaminen poistomyyntikauden ajaksi

# Data



# Lähestymistapa

- Rakennetaan myyntimäärää ennustava lineaarinen regressiomalli
  - Hyödynnetään kirjallisuutta
- Sovitetaan malli dataan
  - Jokaiselle tuotteelle erikseen
- Ennustetaan tulevaisuuden myyntimäärää
  - Muuttujana hinta
- Optimoidaan hinta puolitusmenetelmällä
  - Analysoidaan tuloksia

# Kirjallisuuskatsaus

- Kirjallisuudesta löytyy runsaasti tutkimuksia onnistuneista hintaoptimointijärjestelmän implementoinneista yrityksiin
- Tärkeimmät tekijät sesonkisen tuotteen kysyntää ennustettaessa ovat myyntihistoria, alennusmäärä, myyntijakson ajankohta sekä jäljellä oleva hyllytaso
- Hintajousto ei ole vakio, se vaihtelee ajan myötä sekä vähenee sesongin loppua kohden.

# Kysynnän regressiomallin selittäjät 1/2

- Viime kauden myynti samana ajankohtana
  - Selittää pohjamyyntit
  - Oletetaan kesto ja alkamisajankohta
  - Oletetaan myös samankaltainen myyntiprofiili
- Hintajouston myyntivaikutus
  - Selittää hinnan vaikutusta myynteihin
  - Lasketaan sovitettavasta datasta hintajouston keskiarvo
  - Oletetaan hintajouston laskevan eksponentiaalisesti neljäsosaan sen lasketusta arvosta myyntijakson edetessä
  - Oletetaan hintajoustolla olevan eksponentiaalinen vaikutus myyntimäärään

# Kysynnän regressiomallin selittäjät 2/2

- Myyntihetken viive huippumyynnin ajankohdasta
  - Selittää myyntihetken ajankohdan vaikutusta myyntikauden sisällä
  - Oletus samankaltaisesta myyntiprofiilista
- Viime kauden myyntimäärä etäisyyskertoimella
  - Selittää myyntimäärän vähenemistä kauden edetessä
  - Oletus samankaltaisesta myyntiprofiilista



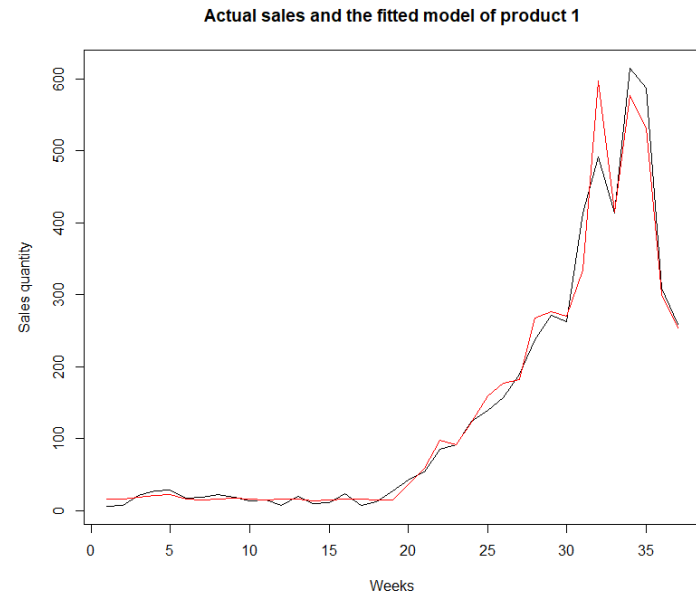
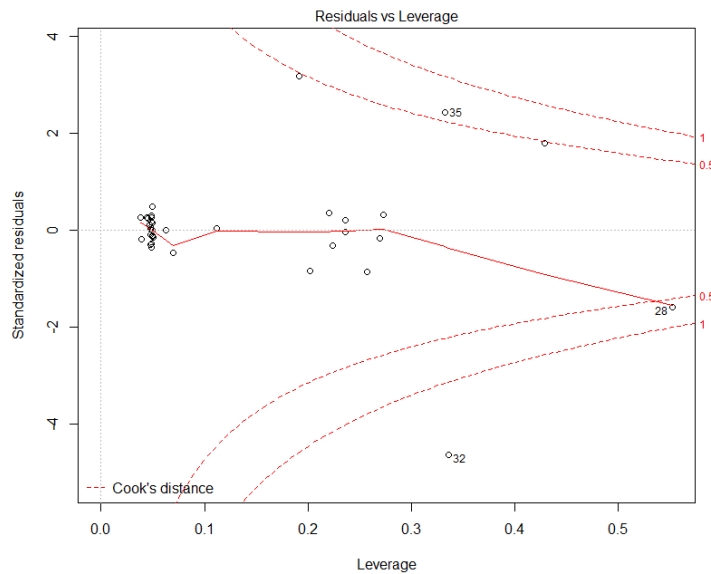
# Regressiomalli

$$S_w = \beta_0 + \beta_{sales} \times S_{w-52} + \beta_{price} \times S_{w-52} \times \left( \frac{p_w}{\bar{p}} \right)^{E_w} + \beta_{distance} \times d_w \\ + \beta_{sales,distance} \times S_{w-52} \times d_w$$

$S_w$	= Myynti viikolla $w$
$S_{w-52}$	= Myynti viime kaudella viikolla $w$
$p_w$	= Myyntihinta viikolla $w$
$\bar{p}$	= Normaali myyntihinta
$E_w$	= Hintajousto viikolla $w$
$d_w$	= Etäisyys huippumyynneistä
$\beta_0$	= Vakiotermi
$\beta_{sales}$	= Myyntien regressiokerroin
$\beta_{price}$	= Hinnan vaikutuksen regressiokerroin
$\beta_{distance}$	= Etäisyyden vaikutuksen regressiokerroin
$\beta_{sales,distance}$	= Vähenevien myyntien vaikutuksen regressiokerroin

# Regressioanalyysi

- Tehdään mallin sovituksen yhteydessä
- Aikasarjadataan vuoksi regressioanalyysiä käytetään vain suuntaa antavana työkaluna

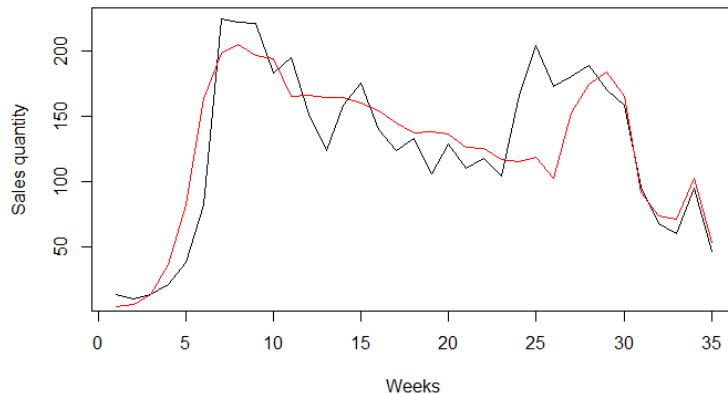


# Regressioanalyysi

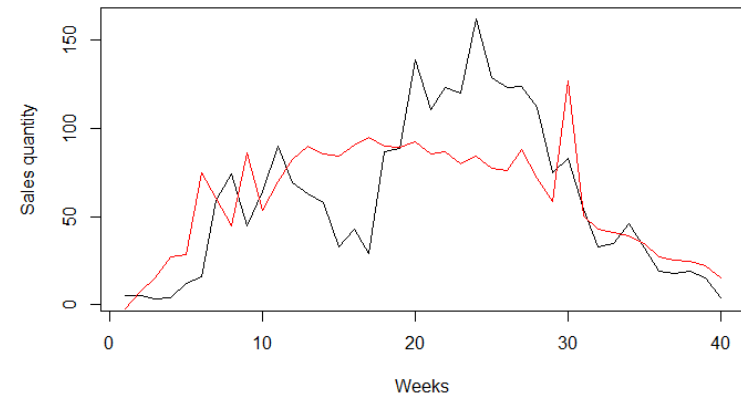
- Mallin sopivuus testidataan vaihteli

Tuote	1	2	3	4
$R^2$	0.974	0.733	0.971	0.414

Actual sales and the fitted model of product 2



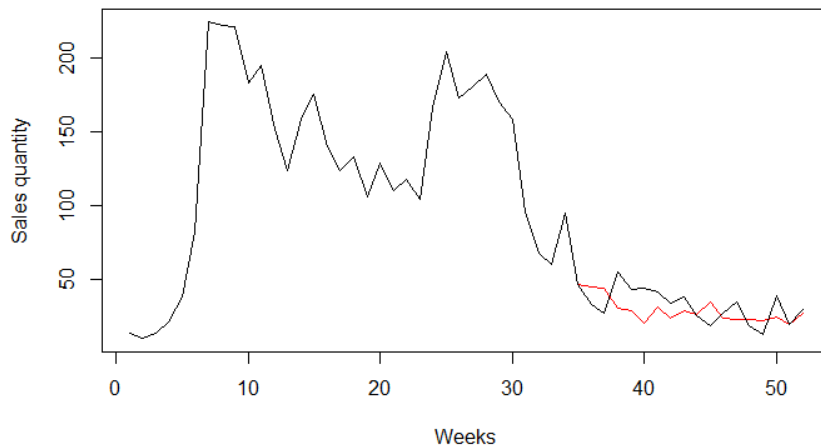
Actual sales and the fitted model of product 4



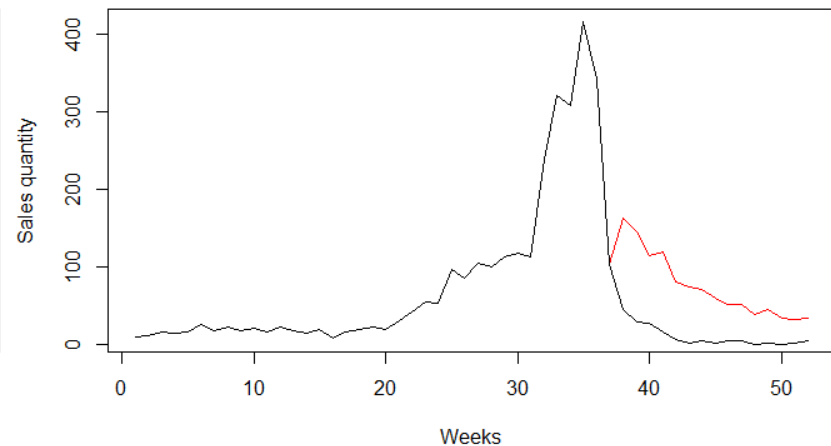
# Mallilla ennustaminen

- R-Studio predict –funktio
  - Taphtuneilla myyntihinnoilla

Forecast and actual sales of product 2



Forecast and actual sales of product 3



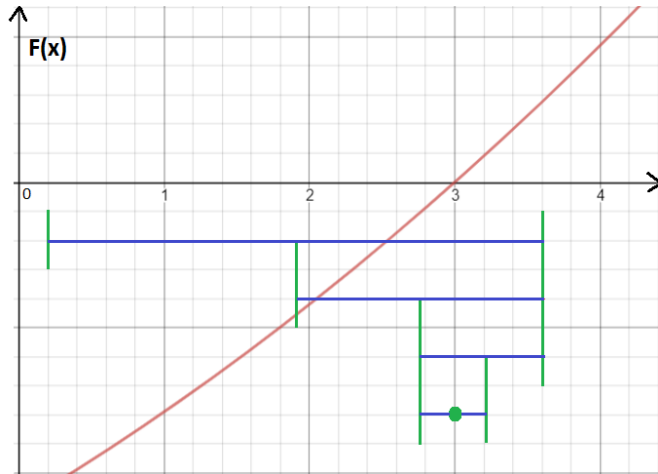
# Ennusteen analysointi

- Ennustetarkkuuden analysointi
  - Vertailukohteena tapahtuneet myynnit
  - MAPE, ennusteen harha-%

	MAPE (%)	Ennusteen harha (%)
Tuote 1	37.9%	92.7%
Tuote 2	34.5%	88.1%
Tuote 3	724.6%	4877.5%
Tuote 4	49.0%	101.0%

# Hintaoptimointi

- Vain yksi hinta ennustejakson ajaksi
- Optimointi puolitusmenetelmällä
  - Tavoitteena tyhjentää varasto kauden loppuun mennessä
  - Viikottaisten ennusteiden summan ja varaston erotuksen minimointi muuttamalla hintaa



$$\min_p \left| I - \sum_{w=1}^{15} S_w \right|$$

# Tulokset

	Toteutuneet hinnat	Optimoitu hinta	Vaikutus myyntituottoon
Tuote 1	60% ja 45%	50%	-8.5%
Tuote 2	40%	15%	-63.0%
Tuote 3	60%	Ei tulosta	Ei tulosta
Tuote 4	60%, 55% ja 50%	60%	+0.7%

- Malli ei sovi kaikille tuotteille
  - Tuloksissa vaihtelua
- Lisää testausta vaaditaan paremman kuvan saamiseksi
  - Enemmän tuotteita

# Jatkotutkimukset

- Työssä hintajoustop oletettiin vähenevän ajassa eksponentiaalisesti, mutta varsinaista tutkimusta hintajoustop aikariippuvuudesta ei ole tehty
- Hyllytason vaikutuksen huomioiminen myyntimäärään
- Myyntituoton huomioiminen hinnan optimoinnissa
- Poistojakson jaottelu useampaan hinnoittelujaksoon



# Lähteet

- Diwakar Gupta, Arthur V Hill, ja Tatiana Bouzdine-Chameeva. A pricing model for clearing end-of-season retail inventory. *European Journal of Operational Research*, 170(2):518–540, 2006.
- Felipe Caro ja Jérémie Gallien. Clearance pricing optimization for a fast fashion retailer. *Operations Research*, 60(6):1404–1422, 2012.
- Gonca P Soysal ja Lakshman Krishnamurthi. Demand dynamics in the seasonal goods industry: An empirical analysis. *Marketing Science*, 31(2): 293–316, 2012.
- Stephen A Smith ja Narendra Agrawal. Optimal markdown pricing and inventory allocation for retail chains with inventory dependent demand. *Manufacturing & Service Operations Management*, 19(2):290–304, 2017.
- Nizar Zaarour, Emanuel Melachrinoudis, ja Marius M Solomon. Maximizing revenue of end of life items in retail stores. *European Journal of Operational Research*, 255(1):133–141, 2016.
- Rudi Meijer ja Sandjai Bhulai. Optimal pricing in retail: a Cox regression approach. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 41 (4):311–320, 2013.