



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Optimal selection of first-tier suppliers in supply networks with disruption costs (valmiin työn esittely)

Erik Lassila

11.5.2022

Ohjaaja: *Ahti Salo*

Valvoja: *Ahti Salo*

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

Epävarmuus toimitusverkoissa

- Epävarmuudet ovat viime vuosina kasvaneet
 - Globalisaatio
 - Covid-19 pandemia
 - Tuotannon vaatimukset ja rakenne
 - komponenttipula
- Häiriöt johtavat yritysten menettämyyn myyntiin
- Vaikutukset riippuvat yrityksen tuotannon vaatimuksista ja rakenteesta

Lyhyen aikavälin
kustannustehokas
tuotantoverkko



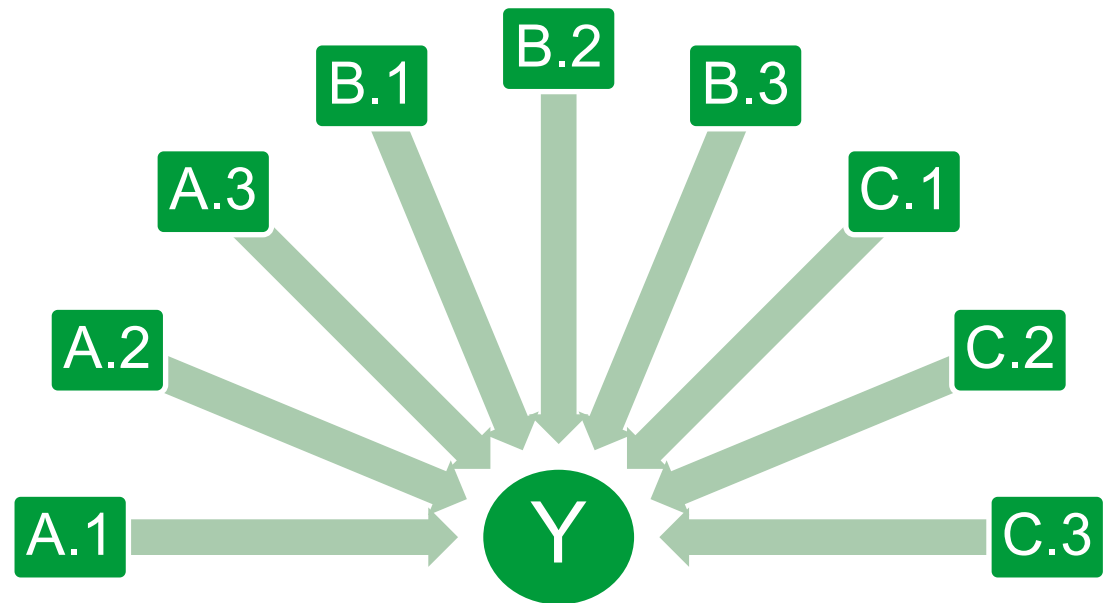
Pitkän aikavälin
kestävä tuotantoverkko

Työn tavoitteet

1. Arvioida alihankkijoiden häiriöiden vaikutuksia Bayes- verkolla
 - Häiriön todennäköisyys riippuu valitusta alihankkijajoukosta
2. Määrittää optimaalinen alihankkijajoukko (portfolio)
 - Toimitusverkon kokonaiskustannukset minimoidaan häiriötodennäköisyydet huomioiden
3. Arvioida, millaisilla investoinneilla häiriöihin kannattaa varautua

Havainnollistava yritys

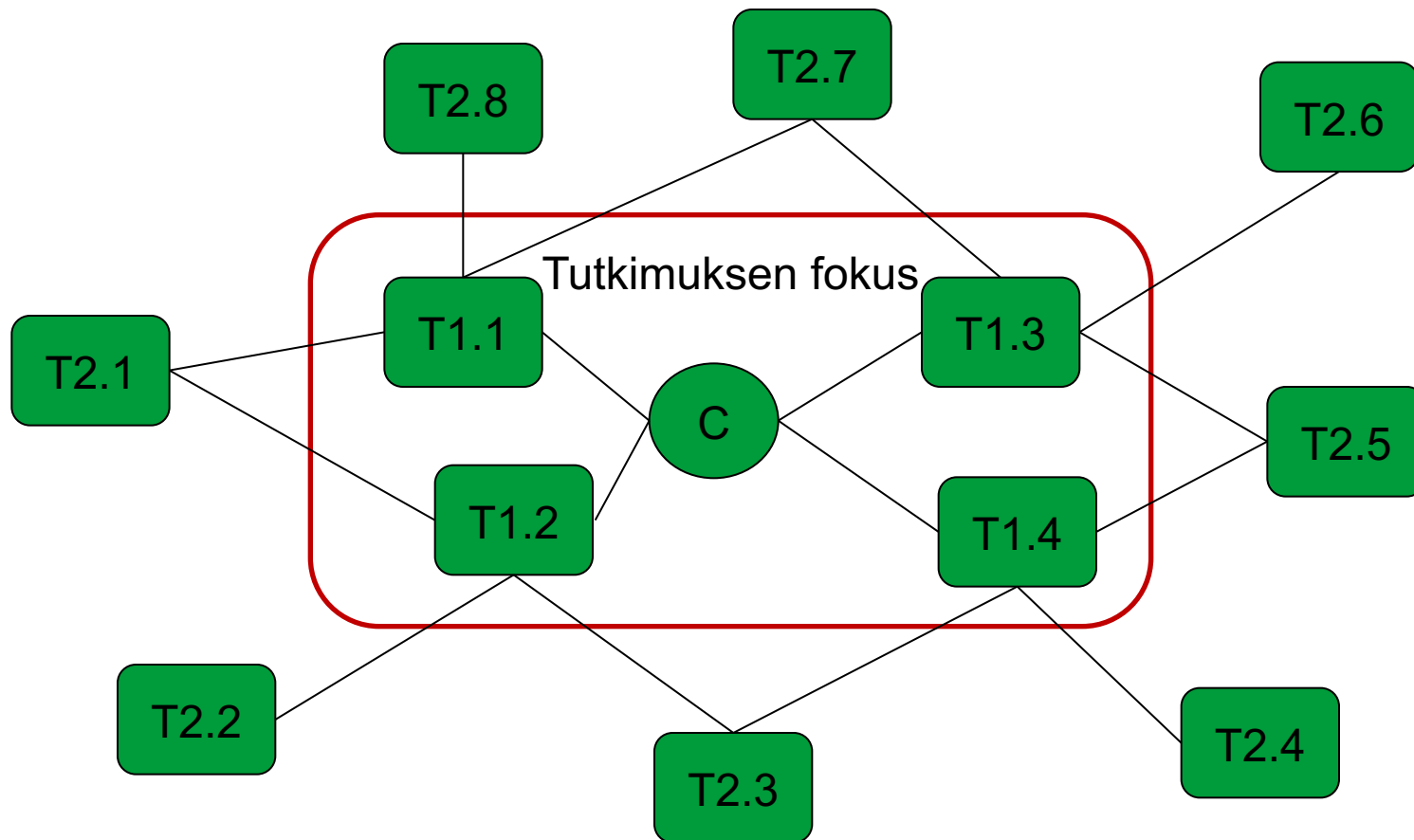
- Yrityksen tuotannossa tarvitaan kolmea materiaalia
- Kolme vaihtoehtoista alihankkijaa jokaiselle materiaalille
- Alihankkijoilla on eri häiriötodennäköisyydet ja kustannukset



Rajaukset

1. Tarkastellaan ainoastaan ensimmäisen tason alihankkijoita
2. Yhden alihankkijan häiriö tuotannon keskeytymiseen
3. Alihankkijoiden häiriöt ovat toisistaan riippumattomat
4. Kysyntä ylittää aina tarjonnan
5. Toimitusverkko tukee kertatoimitusta
6. Alihankkijat ovat joko täysin toimintakyykyisiä tai täysin häiriintyneet

Rajaukset



Parametrien määritelmät

Bayes verkko:

Y : Yritys

S : alihankkija

y : yrityksen tila $\in \{0,1\}$

s : alihankkijan tila $\in \{0,1\}$

a_y : Yrityksen häiriötodennäköisyys

a_{S_k} : Alihankkija k :n

häiriötodennäköisyys

$b_{y|S_k}$: Todennäköisyys sille, että alihankkijan häiriö aiheuttaa häiriön yrityksessä

Optimointimalli:

SNK : Toimitusverkon kokonaiskustannukset

K_k : Yhden yrityksen kustannukset

$Max(F)$: Korkein sallittu häiriötodennäköisyys

X_k : Päätösmuuttujat

Bayes-verkko

$$F_Y = \sum_k \Pr(y|s_k) * \Pr(s_k)$$

$$\Pr(y = 1 | S = (s_1, \dots, s_n)) = 1 - (1 - a_Y) * \prod_{s=1} (1 - b_{y|s})$$

$$\Pr(S = (s_1, \dots, s_n)) = \Pr(s_1 \cap s_2 \cap \dots \cap s_n) = \Pr(s_1) * \Pr(s_2) * \dots * \Pr(s_n)$$

Optimointimalli

Minimize

$$SNK = X_1 * K_1 + X_2 * K_2 + X_3 * K_3 + X_4 * K_4 + X_5 * K_5 + X_6 * K_6 + X_7 * K_7 + X_8 * K_8 + X_9 * K_9$$

subject to

$$F_Y \leq \text{Max}(F)$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1$$

$$X_4 + X_5 + X_6 = 1$$

$$X_7 + X_8 + X_9 = 1$$

$$X_{S_k} \in \{0,1\}, \quad S_k = 1,2, \dots, 9,$$

Portfolioiden kokonaiskustannusten vertailu

$$E(L_P) + SNK_P > E(L_O) + SNK_O$$

$E(L_P)$ = Odotusarvoinen voiton menetys suuremman riskin toimittajaportfoliolle

SNK_P = Toimitusverkkokustannukset korkeamman riskin toimittajaportfoliolle

$E(L_O)$ = Odotettu menetys optimaalisen toimittajaportfolion osalta

SNK_O = Toimitusverkon kustannukset optimaalisessa toimittajaportfoliossa

$E(L_Y)$ = Yrityksen odotetun voiton menetys sisäisen häiriön ilmetessä

Odotusarvoinen menetys

$$\begin{aligned} E(L) &= \sum L * \Pr(L) - E(L_Y) = L * \sum \Pr(L) - E(L_Y) \\ &= L * \sum \Pr(s_k) * \Pr(y|s_k) - E(L_Y) = L * F_Y - E(L_Y) \end{aligned}$$

Alkuarvot

Kuvaavat parametrit

	$a_{A,i}$	$K_{A,i}$	$a_{B,i}$	$K_{B,i}$	$a_{C,i}$	$K_{C,i}$
$i = 1$	0.02	1500	0.02	2000	0.02	600
$i = 2$	0.05	600	0.05	800	0.05	240
$i = 3$	0.08	375	0.08	500	0.08	150

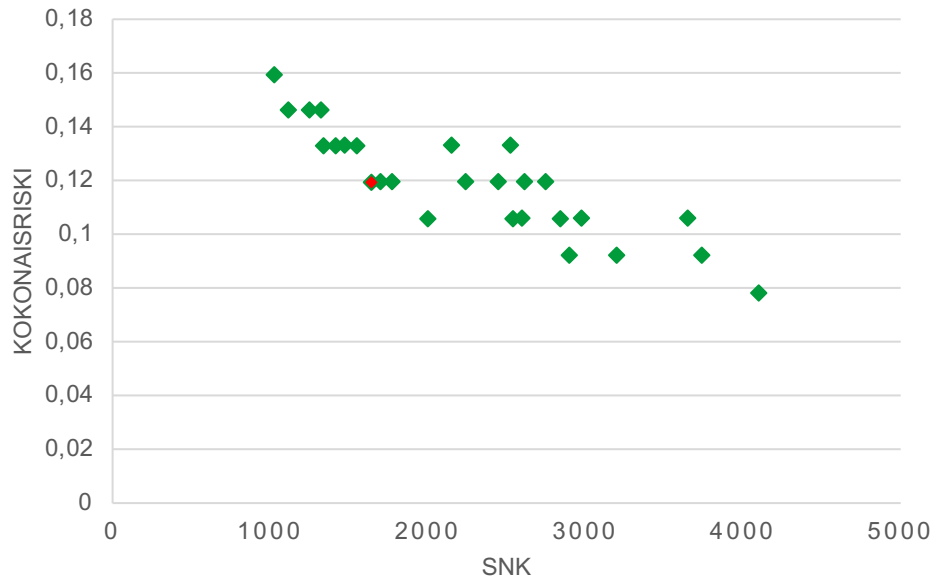
Kohdeyrityksen parametrit

Parametrit	Arvot
a_Y	0.05
$b_{Y S_k}$	0.5 kaikilla $S_k = 1, 2, \dots, 9$
Max(F)	0.12

Toimittajaportfolioiden kokonaisriskit

$P(S_A, S_B, S_C)$	F_V
$P(1,1,1)$	0,0782
$P(2,1,1)$	0,0922
$P(3,1,1)$	0,1061
$P(1,2,1)$	0,0922
$P(2,2,1)$	0,1059
$P(3,2,1)$	0,1197
$P(1,3,1)$	0,1061
$P(2,3,1)$	0,1197
$P(3,3,1)$	0,1332
$P(1,1,2)$	0,0922
$P(2,1,2)$	0,1059
$P(3,1,2)$	0,1197
$P(1,2,2)$	0,1059
$P(2,2,2)$	0,1195
$P(3,2,2)$	0,1330
$P(1,3,2)$	0,1197
$P(2,3,2)$	0,1330
$P(3,3,2)$	0,1464
$P(1,1,3)$	0,1061
$P(2,1,3)$	0,1197
$P(3,1,3)$	0,1332
$P(1,2,3)$	0,1197
$P(2,2,3)$	0,1330
$P(3,2,3)$	0,1464
$P(1,3,3)$	0,1332
$P(2,3,3)$	0,1464
$P(3,3,3)$	0,1595

Optimaaliset toimittajaportfoliot



$P(S_A, S_B, S_C)$	F_V	SNK
$P(1,1,1)$	0,0782	4100
$P(2,1,1)$	0,0922	3200
$P(3,1,1)$	0,1061	2975
$P(1,2,1)$	0,0922	2900
$P(2,2,1)$	0,1059	2000
$P(3,2,1)$	0,1197	1775
$P(1,3,1)$	0,1061	2600
$P(2,3,1)$	0,1197	1700
$P(3,3,1)$	0,1332	1475
$P(1,1,2)$	0,0922	3740
$P(2,1,2)$	0,1059	2840
$P(3,1,2)$	0,1197	2615
$P(1,2,2)$	0,1059	2540
$P(2,2,2)$	0,1195	1640
$P(3,2,2)$	0,1330	1415
$P(1,3,2)$	0,1197	2240
$P(2,3,2)$	0,1330	1340
$P(3,3,2)$	0,1464	1115
$P(1,1,3)$	0,1061	3650
$P(2,1,3)$	0,1197	2750
$P(3,1,3)$	0,1332	2525
$P(1,2,3)$	0,1197	2450
$P(2,2,3)$	0,1330	1550
$P(3,2,3)$	0,1464	1325
$P(1,3,3)$	0,1332	2150
$P(2,3,3)$	0,1464	1250
$P(3,3,3)$	0,1595	1025

Lyhyen aikavälin kustannustehokkuus vs. pitkän aikavälin kestävyys

$P(S_A, S_B, S_C)$	F_Y	SNK	E(L)	$E(L_P) + SNK_P > E(L_o) + SNK_o$
$P(2, 2, 2)$	0,1195	1640	5974,2	7614,2
$P(3, 2, 2)$	0,1330	1415	6651,5	8066,5 > 7614,2
$P(2, 3, 2)$	0,1330	1340	6651,5	7991,5 > 7614,2
$P(3, 3, 2)$	0,1464	1115	7318,4	8433,4 > 7614,2
$P(2, 2, 3)$	0,1330	1550	6651,5	8201,5 > 7614,2
$P(3, 2, 3)$	0,1464	1325	7318,4	8643,4 > 7614,2
$P(2, 3, 3)$	0,1464	1250	7318,4	8568,4 > 7614,2
$P(3, 3, 3)$	0,1595	1025	7974,0	8999,0 > 7614,2

Lähteet

Guan, Dabo, et al. "Global supply-chain effects of COVID-19 control measures." *Nature Human Behaviour* 4.6 (2020): 577-587.

Fonseca, Luis Miguel, and Américo Lopes Azevedo. "COVID-19: outcomes for Global Supply Chains." *Management & Marketing* 15.s1 (2020): 424-438.

Hosseini, Seyedmohsen, and Dmitry Ivanov. "Bayesian networks for supply chain risk, resilience and ripple effect analysis: A literature review." *Expert Systems with Applications* 161 (2020): 113649.

Vilko, Jyri, Paavo Ritala, and Jan Edelmann. "On uncertainty in supply chain risk management." *The International Journal of Logistics Management* (2014): 3-19.

Käki, Anssi, Ahti Salo, and Srinivas Talluri. "Disruptions in supply networks: A probabilistic risk assessment approach." *Journal of Business Logistics* 36.3 (2015): 273-287.

Carvalho, Helena, et al. "Supply chain redesign for resilience using simulation." *Computers & Industrial Engineering* 62.1 (2012): 329-341.

Gouglas, Dimitrios, and Kevin Marsh. "Prioritizing investments in rapid response vaccine technologies for emerging infections: A portfolio decision analysis." *Plos One* 16.2 (2021): e0246235.

Salo, Ahti, Juho Andelmin, and Fabricio Oliveira. "Decision Programming for Mixed-Integer Multi-Stage Optimization under Uncertainty." *European Journal of Operational Research* 299.2 (2022): 550-565.

Bairamzadeh, Samira, Mohammad Saidi-Mehrabad, and Mir Saman Pishvae. "Modelling different types of uncertainty in biofuel supply network design and planning: A robust optimization approach." *Renewable Energy* 116 (2018): 500-517.

Garcia, Daniel J., and Fengqi You. "Supply chain design and optimization: Challenges and opportunities." *Computers & Chemical Engineering* 81 (2015): 153-170.

Davis, Tom. "Effective supply chain management." *Sloan Management Review* 34 (1993): 35-35.

Friedman, Nir, Dan Geiger, and Moises Goldszmidt. "Bayesian network classifiers." *Machine Learning* 29.2 (1997): 131-163.

Wright, Stephen, and Jorge Nocedal. "Numerical optimization." *Springer Science* 35.67-68 (1999): 7.

Beamon, Benita M. "Supply chain design and analysis: Models and methods." *International Journal of Production Economics* 55.3 (1998): 281-294.