

# Resurssien allokoinnin optimointi vakuutuskorvausprosessissa

Elias Ervamaa  
Helsingin Yliopisto

15. tammikuuta 2026

## Tiivistelmä

Tässä projektisuunnitelmassa kuvataan menetelmä työvoimareurssien optimiseksi vakuutusyhtiön korvauskäsittelyssä. Ongelmaa lähestytään matemaattisena optimointitehtävänä, jossa tavoitteena on minimoida asiakkaiden odotusaika budgettirajoitteen puitteissa. Menetelmä perustuu jonoteorian perusmalleihin sekä konveksiin optimointiin. Teoreettinen ratkaisu validoidaan numeerisesti simuloimalla prosessia stokastisesti. Tämän jälkeen luodaan koko prosessista selkolukuinen raportti.

## 1 Johdanto

Vakuutusyhtiön korvauspalvelun tehokkuus on riippuvainen oikein mitoitetusta henkilöstöresurssista. Koska vahinkoilmoitusten saapuminen on satunnaista ja käsitteyajat vaihtelevat, prosessin hallinta vaatii tilastollista lähestymistapaa.

Tarkastellaan tilannetta, jossa yhtiöllä on kaksi erillistä käsiteltävää jonoa:

- Autovahingot:** Suuri volyymi, lyhyt käsitellyaika, pieni "odotushaitta".
- Henkilövahingot:** Pieni volyymi, pitkä käsitellyaika, suuri "odotushaitta".

Tavoitteena on määrittää, kuinka monta työntekijää kumpaankin toimintoon tulisi allokoida, jotta kokonaishaitta (painotettu odotusaika) minimoituu jollekin aikavälille, kun palkkabudjetti on rajattu.

## 2 Matemaattinen malli

Ongelman mallintamisessa hyödynnetään jonoteoriaa, joka tarjoaa työkalut satunaisten saapumis- ja palveluprosessien kuvaamiseen.

### 2.1 Oletukset ja merkinnät

Oletetaan, että molemmat jonot toimivat toisistaan riippumattomasti. Käytämme ns. M/M/1-mallia (Markovian arrival, Markovian service, Single server equivalent), jossa:

- Asiakkaiden saapuminen noudattaa Poisson-prosessia intensiteetillä  $\lambda$  (asia-kasta/aikayksikkö).
- Palveluajat noudattavat eksponenttijakaumaa parametrilla  $\mu$  (palvelutapah-tumaa/aikayksikkö).

### 2.2 Optimointitehtävä

Määritellään tavoitefunktio  $f(x_1, x_2)$ , joka kuvaa jonotuksesta aiheutuvaa kokonaiskustannusta. Koska henkilövahinkojen viivästyminen on ihmillisesti ja maineellisesti kalliimpaa, niille asetetaan suurempi painokerroin ( $w_2 > w_1$ ).

Tavoite on:

$$\min_{x_1, x_2} [f(x_1, x_2)] \quad (1)$$

Jota rajoittaa budjettiehto:

$$c_1 x_1 + c_2 x_2 \leq B, \quad (2)$$

missä  $c_i$  on yhden työntekijän kustannus ja  $B$  on kokonaibudjetti.

## 3 Toteutussuunnitelma

### 3.1 Analyyttinen ratkaisu

Tässä kohtaa ei ole vielä selvää, että tavoitefunktio tulee olemaan konveksi, mutta mikäli se on; ongelmassa on yksikäsitteinen minimikohta. Tämä ratkaistaan käytännällä Lagrangen kertoimia. Ratkaisu antaa teoreettisen optimipisteen, kun työntekijöiden määrä  $x$  oletetaan jatkuvaksi muuttujaksi.

### 3.2 Datan käsittely

Mallin parametrit ( $\lambda$  ja  $\mu$ ) estimoidaan synteettisestä dataasta, jota varten luomme relaatiotietokannan tuntemattomilla parametreilla. Saapumisintensiteetit ja keskimääräiset palveluaajat lasketaan SQL-kyselyillä suoraan aikaleimadatasta.

### 3.3 Simulaatio

Analyttisen ratkaisun validointia varten rakennetaan diskreettitapahtumasimulaattori (Discrete Event Simulator) Python-kielellä. Simulaattori mallintaa yksittäisten asiakkaiden saapumista ja palvelua satunnaismuuttujien avulla.

Simulaation avulla tutkitaan:

- Miten systeemi käyttäätyy, kun työntekijöiden määrä on pakotettu kokonaisluvuksi.
- Kuinka suuri riski on jonojen tilapäiselle ruuhkautumiselle diskreetissä työntekijätapaiksessa, vaikka kesiarvot olisivat hallinnassa.

### 3.4 Raportti

Lopullinen analyysi kootaan raportiksi, jossa yhdistyvät matemaattinen teoria ja visuaalinen todistusaineisto.