Metoda nelinearnih najmanjših kvadratov

Gašper Leskoveca

aFaculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Tržaška c. 25, 1000 Ljubljana, Slovenia.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| KEYWORDS |  | ABSTRACT |
| Lokacija mobilnega telefona  Levenberg-Marquardtova optimizacija  Nelinearni najmanjši kvadrati  Varianca  Multilateracija |  | V tem poročilu je predstavljena rešitev problema iskanja lokacije mobilnega telefona, ki temelji na principu trilateracije. Iskanje lokacije se izvaja s pomočjo treh baznih postaj, ki določajo oddaljenost od izgubljenega telefona. Cilj je čim natančneje določiti koordinate mobilnega telefona z uporabo metode nelinearnih najmanjših kvadratov, specifično Levenberg-Marquardtove optimizacije. |

# Metodologija

Naša metodologija se osredotoča na uporabo Levenberg-Marquardtove optimizacije, ki je priljubljena metoda za reševanje nelinearnih najmanjših kvadratov. Temelji na ideji o minimizaciji vsote kvadratov napak med dejanskimi merjenimi vrednostmi in vrednostmi, ki jih predvidi naš model. V našem primeru je model opisan z enačbami, ki predstavljajo razdaljo med mobilnim telefonom in vsako bazno postajo.

Algoritem se začne z začetnim približkom lokacije telefona. Nato izračuna vektor napak (**F**) in Jacobijev matriko (**J**) na podlagi trenutne ocene lokacije. Nato izračuna korak, ki ga je treba dodati k trenutni oceni, da se zmanjša napaka. To se izvede z reševanjem sistema linearnih enačb, ki temelji na kvadratni napaki in dodatku Levenberg-Marquardt, ki uravnava obseg koraka. Na koncu se nova lokacija telefona izračuna z dodajanjem koraka k trenutni oceni.

V našem pristopu smo raziskali vpliv števila meritev na konvergenco optimizacije in varianco pozicije. Spreminjanje števila meritev lahko vpliva na hitrost konvergence in natančnost naše ocene. Prav tako smo analizirali vpliv upoštevanja variance meritev. Pričakujemo, da bo višja varianca meritev vodila do večje variance v ocenah lokacije.

|  |
| --- |
|  |
| Slika 1 Sprememba vrednosti parametrov x in y skozi iteracije. |

# Rezultati

Naše izračune je podprla vizualizacija, ki prikazuje bazne postaje, kroge, ki predstavljajo razdaljo do telefona, in končno oceno lokacije telefona. Ta vizualizacija pomaga pri vizualnem razumevanju procesa optimizacije in končne ocene. Poleg tega smo spremljali tudi spremembe parametrov skozi iteracije in izračunali njihovo varianco.

|  |
| --- |
|  |
| Slika 2 Prikaz lokacije baznih postaj (modre pike), ocenjene lokacije mobilnega telefona skozi iteracije (zelene pike) in končne ocene lokacije mobilnega telefona (rdeča zvezda). |

# Zaključek

Naša metoda je omogočila oceno lokacije telefona na podlagi razdalj, merjenih z baznih postaj. Kljub temu pa je treba upoštevati, da je natančnost ocene odvisna od številnih dejavnikov, kot so število meritev, natančnost meritev in začetni približek. Uporaba Levenberg-Marquardtove optimizacije nam je omogočila, da smo upoštevali te dejavnike in natančno določili lokacijo telefona.

|  |
| --- |
| Figure 9 presents a comparison between the measured output (y\_validation\_preprocessed) and the simulated output (y\_sim\_val) using the chirp signal for validation. The red line represents the measured output, while the blue dashed line corresponds to the simulated output obtained through the parametric identification (LS) method. The plot allows for visual assessment of the agreement and accuracy between the measured and simulated outputs during the validation period using the chirp signal. |

Table presents the standard deviation values (LS) for the estimated parameters obtained through the LS method. These standard deviations quantify the uncertainty and variability associated with each parameter, providing insights into the reliability and robustness of the estimated values.

|  |  |
| --- | --- |
| standard deviation of the parameters (LS) | |
| a1 | 0.0083 |
| a2 | 0.0082 |
| b1 | 0.0003 |
| b2 | 0.0003 |

Table includes the computed error metrics (LS) for the obtained model using both the training and validation data. It presents the root mean square error (RMSE) and mean absolute error (MAE) values, which quantify the discrepancy between the measured outputs.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| data | estimated error of the obtained model (LS) | |
| RMSE | MAE |
| training data | 0.0092 | 0.0071 |
| validation data | 0.0139 | 0.0118 |