



ABSTRACT

In this work, we study the problem of estimating states that exhibit types of nonlinear phenomena known as isolated limit cycle and chaos. The modified Van der Pol model serves as a foundation for the nonlinear estimation problem. We further perturbed the modified Van der Pol by introducing stochastic elements within it, thereby the transition probability density of the states displayed non-Gaussian characteristics. Here we avoid the necessity for calculating the Jacobian matrix used by Taylor's based linearization with different approach that rest on unscented transform using deterministically sampled point called sigma point. Performance of both linearization and unscented transform are verified via Bhattacharyya distance and symmetric Kullback-Leibler divergence. Furthermore, to estimate the underlying states that display isolated limit cycle and chaotic behavior in the modified Van der Pol model, we employed a class of nonlinear estimator called unscented Kalman filter where now the unscented transform becomes the gut in the Kalman filtering framework. Numerical simulation in several modified Van der Pol model showed that in general the unscented Kalman filter is capable to estimate and recover the underlying state magnificently. However, we should be cautious since in some cases peculiar estimation behavior given by unscented Kalman filter occurred, such in 4 dimensional chaotic Van der Pol and 3 dimensional Van der Pol-Duffing model.

Keywords : chaotic Van der Pol, Van der Pol-Duffing, isolated limit cycle, stochastic nonlinear estimation, biological nonlinear phenomena, sigma point Kalman filter, unscented transform, unscented Kalman filter.



ABSTRAK

Dalam thesis ini, masalah estimasi *state* yang menunjukkan jenis fenomena nonlinier yang dikenal sebagai *isolated limit cycle* dan *chaos* dipelajari. Model Van der Pol yang dimodifikasi berfungsi sebagai dasar untuk masalah estimasi nonlinier pada thesis ini. Kami lebih lanjut memberikan perturbasi pada Van der Pol yang telah dimodifikasi dengan memperkenalkan elemen stokastik di dalamnya, sehingga fungsi transisi kepadatan probabilitas dari beberapa *state* memiliki karakteristik *non-Gaussian*. Dalam hal ini kami menghindari perlunya menghitung matriks Jacobian yang digunakan oleh linierisasi berbasis Taylor dengan pendekatan berbeda yang bertumpu pada transformasi *unscented* menggunakan titik sampel yang disebut *sigma point*. Performa dari linierisasi dan transformasi *unscented* diverifikasi melalui jarak Bhattacharyya dan *symmetric* Kullback–Leibler *divergence*. Selain itu, untuk mengestimasi kondisi dasar yang mengalami fenomena *isolated limit cycle* dan perilaku *chaos* dalam model Van der Pol yang telah dimodifikasi, kami menggunakan jenis estimator nonlinier yang disebut *unscented Kalman filter*, dengan transformasi *unscented* menjadi komponen yang penting dalam *framework* Kalman filter. Simulasi numerik dalam beberapa model Van der Pol yang dimodifikasi menunjukkan bahwa secara umum *unscented Kalman filter* mampu memperkirakan dan memulihkan *state* secara menakjubkan. Namun, kita harus berhati-hati karena dalam beberapa kasus perilaku estimasi aneh yang ditunjukkan oleh *unscented Kalman filter* terjadi, seperti dalam Van der Pol 4 dimensi dan model Van der Pol–Duffing 3 dimensi.

Kata kunci : chaotic Van der Pol, Van der Pol–Duffing, *isolated limit cycle*, stochastic nonlinear estimation, biological nonlinear phenomena, *sigma point Kalman filter*, *unscented transform*, *unscented Kalman filter*.