

ABSTRAK

MODEL DAN SIMULASI PERILAKU PENGENDARA MOTOR BERBASIS *MARKOV DECISION PROCESS* PADA LALU LINTAS HETEROGEN

Oleh

Rina Mardiaty

NIM: 33213013

(Program Studi Doktor Teknik Elektro dan Informatika)

Pemodelan lalu lintas skala mikroskopik merupakan salah satu alternatif untuk memahami fenomena lalu lintas dengan lebih baik. Pendekatan model ini dapat memberi pemahaman yang lebih baik terhadap perilaku individual dalam sistem lalu lintas. Model perilaku pada skala mikroskopik dapat dikembangkan dengan berbagai metode, salah satunya adalah menggunakan pendekatan Markov Decision Process (MDP). Pada metode MDP, pergerakan kendaraan sebagai refleksi perilaku pengemudi dapat dimodelkan sebagai rentetan kejadian (*state*) setiap waktunya. Perpindahan antar *state* adalah aksi yang dipilih berdasarkan fungsi probabilitas dan fungsi *reward*. Terdapat empat komponen utama pada MDP, yaitu: *state*, aksi, fungsi probabilitas, dan fungsi *reward*. Metode MDP pada penelitian ini dipilih dengan tujuan membangun model perilaku pengendara motor pada kondisi lalu lintas yang heterogen.

Fungsi *reward* digunakan sebagai parameter untuk mengevaluasi setiap aksi yang dipilih dengan tujuan memperoleh keputusan yang optimal. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan perilaku pengendara motor menggunakan MDP dengan kontribusi utama yaitu fungsi *reward* menggunakan Medan *Reward* Dinamis Terdiskritisasi (MRDT) dengan dan tanpa fungsi pembobotan. Selain dari itu, terdapat beberapa kontribusi lain yang dilakukan seperti: pemodelan lintasan manuver yang diintegrasikan dengan fungsi transisi *state*, pendetilan fungsi probabilitas aksi, pengembangan model *Area of Awareness* (AoA), serta model sektorisasi AoA yang berfungsi untuk menentukan kendaraan lain yang dijadikan sebagai pertimbangan dalam sistem pengambilan keputusan.

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk memodelkan perilaku pengendara motor meliputi: pengumpulan dan pengolahan data lapangan, pemodelan perilaku pengendara motor menggunakan MDP, simulasi model MDP yang sudah dibangun, analisis dan validasi model. Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah 100 data video manuver motor, yang terdiri dua skenario yang berbeda yaitu 50 video pada saat motor memanuver motor dan 50 video pada saat motor memanuver mobil. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh beberapa parameter yang digunakan dalam pemodelan perilaku motor menggunakan MDP, salah satunya adalah bentuk lintasan motor pada saat melakukan manuver. Pada

proses pemodelan perilaku menggunakan MDP, dilakukan pendefinisian state dan aksi kendaraan, pengembangan AoA, penurunan fungsi probabilitas, dan pengembangan fungsi *reward* menggunakan MRDT. Selanjutnya, simulasi dilakukan untuk menguji kinerja model MDP yang diusulkan dengan dibandingkan dengan data aktual menggunakan parameter pengukuran *root mean square error* (RMSE).

Hasil simulasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa model MDP yang diusulkan dapat dengan baik memodelkan perilaku pengendara motor di lapangan dengan nilai RMSE sekitar 0,74 meter. Selain dibandingkan dengan data lapangan, dilakukan simulasi tambahan untuk membandingkan model MDP dengan model lain, yaitu model *car-following* dan model *reward* pada penelitian sebelumnya. Hasil simulasi menunjukkan nilai RMSE model MDP lebih baik dua kali lipat dibandingkan dengan model *car-following*. Sedangkan perbandingan kinerja model *reward* yang diusulkan dengan fungsi *reward* pada penelitian sebelumnya menunjukkan model *reward* yang diusulkan memiliki kinerja lebih baik sekitar 4 – 6% dibandingkan dengan fungsi *reward* pada penelitian terdahulu.

Secara umum, beberapa kontribusi yang dilakukan pada penelitian ini memberikan perbaikan dan pengembangan terhadap model perilaku pengendara motor pada penelitian sebelumnya. AoA yang diusulkan pada penelitian ini mengakomodasi faktor kendaraan penghalang belakang yang belum pernah dimodelkan sebelumnya. Selain dari itu, MRDT yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan sebuah kebaruan gagasan terhadap model fungsi *reward* yang dimodelkan dinamis dengan konsep medan *reward*. Disamping itu, hasil penelitian ini memberikan peluang penelitian lanjutan untuk diimplementasikan pada perilaku pengendara roda empat, serta peluang pengembangan fungsi AoA, MRDT, probabilitas untuk meningkatkan performa model lebih baik.

Kata kunci: model perilaku kendaraan, Markov Decision Process, fungsi *reward*, lalu lintas heterogen.

ABSTRACT

MOTORCYCLE'S BEHAVIOR MODEL AND SIMULATION BASED ON MARKOV DECISION PROCESS IN MIXED TRAFFIC

by

Rina Mardiati

NIM: 33213013

(Doctoral Program in Electrical Engineering and Informatics)

Modeling traffic is an alternative way of analyzing the real phenomena of traffic. In order to gain a better understanding of traffic systems, a microscopic scale could provide a better simulation result and provide a great deal of useful information for policy makers to determine the best solution for transportation problems. There are several methods that can be used for developing motorcycle behavior models on a microscopic scale, one of which is Markov Decision Process (MDP).

With MDP, vehicle behavior can be modeled as a sequence of events (states) at every time step. There are four main components in MDP: states, actions, a probability function, and a reward function. The transition of states is caused by execution of actions based on the probability function. In this study, MDP was chosen as the model to describe motorcycle behavior in order to get better simulation results in describing motorcycle behavior, especially in mixed traffic conditions.

In this dissertation, a weighted and unweighted Dynamical-Discretized Reward Field (DDRF) is proposed as a major contribution to motorcycle behavior modeling in mixed traffic conditions. Other contributions of this research are: integration of a motorcycle trajectory maneuver model in the state transition function, derivation of a probability function, area of awareness (AoA) and its sectorisation to perceive vehicles inside the AoA, which is used in the determination of actions.

A simulation was conducted to test the performance of the proposed model by comparing the data from the simulation with actual data. In this study, we used 100 data on motorcycle maneuvering, which consisted of two different scenarios, which are 50 data of motorcycle maneuvering to avoid other motorcycles and 50 data of motorcycle maneuvering to avoid cars. The environment setting of the simulation was adjusted to the actual conditions. The parameters used to verify the model were: depth of reward level, discounted factor or gamma factor, AoA radius, and a weighting function for the reward model. The performance of the proposed model was measured using root mean square error (RMSE).

In general, based on a comparison of the simulation results with the actual data, the proposed method can properly model the behavior of motorcycles in heterogeneous traffic with an RMSE value of around 0.74 meters. This result has better performance twice compared with the car-following model. The reward function proposed

in this study performed better than the reward function in previous studies around 4-6%. Apart from that, a number of specific conclusions can be drawn based on the simulation results: the RMSE of motorcycle maneuvering motorcycle is greater than motorized scenario against a motorbike is greater than motorcycle maneuvering motorcycle, which shows that modeling motorcycle maneuvering motorcycle is more difficult than modeling maneuvering a car caused by motorcycle is highly dynamics behavior; the proposed method performed well at average reward for depth of levels 1 and 2, which shows that in vehicle movement, riders tend not to think about the possibility of moving too far ahead; the effect of AoA on the proposed method shows that motorists tend to have a moderate AoA coverage while riding; the discount factors performed well at small range values; and adding a weighting function to the reward model led to better performance, especially for Hamming and Bartlett weighting. Furthermore, the results of this study provide further research opportunities to be implemented in the behavior of four-wheeled riders, as well as opportunities to develop the functions of AoA, MRDT, probability to improve model performance.

Keywords: driving behavior model, Markov Decision Process, reward function, mixed traffic.