UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prediksi Mobilitas Manusia Menggunakan Algoritma Viterbi Termodifikasi Berbasis Interpolasi Aditif Point of Interest dan Konteks Temporal
RAGIL SAPUTRA, Prof. Dr. Suprapto, M.I.Kom.; Dr. Agus Sihabuddin, S.Si., M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Prediksi Mobilitas Manusia Menggunakan Algoritma Viterbi Termodifikasi Berbasis Interpolasi Aditif *Point of Interest* dan Konteks *Temporal*

Oleh

Ragil Saputra
20/468176/SPA/00742

Prediksi mobilitas manusia merupakan komponen penting dalam sistem transportasi cerdas dan layanan berbasis lokasi. Algoritma Viterbi dalam kerangka *Hidden Markov Model* (HMM) efektif menangkap regularitas pergerakan individual, namun matriks transisinya diestimasi hanya berdasarkan frekuensi kunjungan historis tanpa mempertimbangkan konteks *temporal* maupun karakteristik fungsional lokasi berupa *Point of Interest* (POI), sehingga transisi menuju lokasi yang jarang teramati memperoleh probabilitas mendekati nol.

Penelitian ini mengusulkan modifikasi fungsi skor transisi dalam rekursi algoritma Viterbi, berupa substitusi probabilitas transisi historis $a(i,j)$ dengan matriks transisi efektif $A_{eff}(i,j)$. Matrik ini dibentuk melalui interpolasi aditif dengan bobot kemiripan kosinus antar vektor distribusi POI, dikendalikan parameter α yang dituning per individu. Modifikasi ini dikombinasikan dengan dua skenario konteks *temporal*, yaitu *Shannon entropy* berbasis *slot* waktu dan *weekday/weekend* berbasis hari, serta dievaluasi pada dua skenario *state space*, yaitu sel *grid* 500m×500m dengan ambang kunjungan θ=5 dan klaster *K*-Means dengan *K*=50. Berdasarkan kombinasi tersebut, empat model dibandingkan: M1 (Viterbi standar), M2 (Viterbi + *temporal*), M3 (Viterbi + POI), dan M4 (Viterbi + *temporal* + POI), menghasilkan empat konfigurasi eksperimen (EXP-1 hingga EXP-4) pada *dataset* YJMob100K yang mencakup 100.000 individu selama 75 hari.

Eksperimen dijalankan pada 99.205 individu valid dan hasil menunjukkan bahwa M3 secara konsisten melampaui baseline M1 di semua konfigurasi: *GEO_BLEU* meningkat +0,0160 pada skenario grid (M3=0,5880 vs M1=0,5720, $p < 0{,}0001$) dan +0,0027 pada skenario klaster, dengan 71,1% individu menunjukkan peningkatan. Acc@1 tertinggi dicapai oleh M3 pada skenario klaster (EXP-3 dan EXP-4) dengan nilai 0,8725, melampaui rentang akurasi HMM sejenis yang dilaporkan dalam literatur. Sebaliknya, M2 secara konsisten lebih rendah dari M1 akibat sparsity estimasi matriks transisi kondisional, dan M4 lebih rendah dari M3 karena komponen *temporal* yang tidak andal melemahkan efek positif POI. Secara statistik, uji *Wilcoxon signed-rank* mengonfirmasi bahwa peningkatan M3 terhadap M1 signifikan ($p <$ 0,001) di semua konfigurasi, dan seluruh nilai *matched pairs rank biserial correlation* berkisar antara 0,17 hingga 0,82 (kategori *small* hingga *large*), mengindikasikan peningkatan yang konsisten.

Kata kunci: Prediksi mobilitas manusia, *Hidden Markov Model*, algoritma Viterbi, interpolasi aditif, *Point of Interest*, konteks *temporal*.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prediksi Mobilitas Manusia Menggunakan Algoritma Viterbi Termodifikasi Berbasis Interpolasi Aditif Point of Interest dan Konteks Temporal
RAGIL SAPUTRA, Prof. Dr. Suprapto, M.I.Kom.; Dr. Agus Sihabuddin, S.Si., M.Kom.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Human Mobility Prediction Using a Modified Viterbi Algorithm Based on Additive Interpolation of Point of Interest and Temporal Context

By

Ragil Saputra
20/468176/SPA/00742

Human mobility prediction is a critical component of intelligent transportation systems and location-based services. The Viterbi algorithm within the Hidden Markov Model (HMM) framework effectively captures the regularity of individual movement; however, its transition matrix is estimated solely from historical visit frequencies without considering temporal context or the functional characteristics of locations represented by Points of Interest (POI), causing transitions to rarely observed locations to receive near-zero probabilities.

This study proposes a modification to the transition score function in the Viterbi algorithm's recursion, substituting the historical transition probability $a(i,j)$ with an effective transition matrix $A_{eff}(i,j)$. We construct this matrix through additive interpolation, weighted by cosine similarity between POI distribution vectors, controlled by an interpolation parameter α tuned per individual. This modification is combined with two temporal context scenarios, namely time-slot-based Shannon entropy and day-based weekday/weekend, and is evaluated on two state space scenarios, namely 500m×500m grid cells with a visit threshold of θ=5 and K-Means clusters with K=50. Based on these combinations, four models are compared: M1 (standard Viterbi), M2 (Viterbi + temporal), M3 (Viterbi + POI), and M4 (Viterbi + temporal + POI), yielding four experimental configurations (EXP-1 to EXP-4) on the YJMob100K dataset, which covers 100,000 individuals over 75 days.

Experiments were conducted on 99,205 valid individuals. The results show that M3 consistently outperforms the M1 baseline across all configurations: *GEO_BLEU* improves by +0.0160 in the grid scenario (M3=0.5880 vs M1=0.5720,) and +0.0027 in the cluster scenario, with 71.1% of individuals showing improvement. The highest Acc@1 is achieved by M3 in the cluster scenario (EXP-3 and EXP-4) with a value of 0.8725, exceeding the accuracy range of comparable HMM approaches reported in the literature. Conversely, M2 is consistently lower than M1 due to the sparsity of conditional transition matrix estimation, and M4 is lower than M3 because the unreliable temporal component weakens the positive effect of POI. Statistically, the Wilcoxon signed-rank test confirms that the improvement of M3 over M1 is significant ($p < 0.001$) across all configurations, and matched pairs rank biserial correlation values range from 0.17 to 0.82 (small to large category), indicating a consistent improvement.

Keywords: Human mobility prediction, Hidden Markov Model, Viterbi algorithm, additive interpolation, Point of Interest, temporal context.