

Вероятностное прогнозирование и оценка достоверности данных в интеллектуальных транспортных системах

П. М. Трефилов^{1*}, В. И. Венец¹, М. А. Романова¹

¹Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук, Москва, Россия
^{*}petertfri@ipu.ru

Аннотация. Предложены вероятностные модели прогнозирования и оценки достоверности навигационных параметров в интеллектуальных транспортных системах. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения надежности роботизированных транспортных средств, работающих в динамически изменяющихся городских условиях. В таких средах возможны отказы датчиков, искажения сигналов и высокая степень неопределенности данных. Предложенный подход основан на применении методов вероятностного анализа и статистического контроля для выявления аномалий в навигационных параметрах, таких как координаты, скорость и ориентация. Введено понятие достоверности навигационных данных как количественного показателя, характеризующего степень соответствия измеренных параметров реальному состоянию системы. Определены ключевые критерии достоверности: доверительная вероятность, уровень значимости и доверительные коэффициенты. Для повышения надежности оценки параметров предложено сочетание статистических методов анализа и алгоритмов фильтрации. Прогнозирование включает предварительную обработку данных с целью сглаживания шумов и проверки их согласованности. Выявление выбросов осуществляется с помощью статистических методов, включая доверительные интервалы и минимизацию дисперсии. Разработана модель прогнозирования, основанная на фильтре Калмана и динамическом обновлении вероятностных оценок. Интеграция различных методов в единую систему позволяет минимизировать влияние случайных и систематических ошибок, обеспечивая более точную оценку навигационных параметров. Предложенный подход применим к разработке навигационных систем автономных роботов и беспилотного транспорта, позволяя им адаптироваться к внешним условиям без необходимости в точных априорных данных.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, вектор состояния, достоверность данных, вероятностный и статистический анализ, фильтр Калмана

Для цитирования: Трефилов П. М., Венец В. И., Романова М. А. Вероятностное прогнозирование и оценка достоверности данных в интеллектуальных транспортных системах // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 2. С. 53–64. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-2-53-64

Probabilistic forecasting and data reliability assessment in intelligent transportation systems

P. Trefilov^{1*}, V. Venets¹, M. Romanova¹

¹V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
*petertrfi@ipu.ru

Abstract. Probabilistic models for forecasting and assessing the reliability of navigation parameters in intelligent transportation systems are proposed. The relevance of the study is driven by the need to enhance the reliability of robotic transportation systems operating in dynamically changing urban environments. In such environments, sensor failures, signal distortions, and a high degree of data uncertainty are possible. The proposed approach is based on the application of probabilistic analysis methods and statistical control to detect anomalies in navigation parameters such as coordinates, speed, and orientation. The concept of navigation data reliability is introduced as a quantitative measure characterizing the degree of correspondence between the measured parameters and the actual state of the system. Key validity criteria are defined: confidence probability, significance level and confidence coefficients. To improve the reliability of parameter assessment, a combination of statistical analysis methods and filtering algorithms is proposed. Forecasting involves preliminary data processing aimed at smoothing noise and verifying data consistency. Outlier detection is performed using statistical methods, including confidence intervals and variance minimization. An forecasting model based on the Kalman filter and dynamic updating of probabilistic estimates has been developed. The integration of various methods into a unified system minimizes the impact of random and systematic errors, ensuring more accurate assessment of navigation parameters. The proposed approach is applicable to the development of navigation systems for autonomous robots and unmanned vehicles, enabling them to adapt to external conditions without the need for precise a priori data.

Keywords: intelligent transport system, state vector, data reliability, probabilistic and statistical analysis, Kalman filter

For citation: Trefilov P., Venets V., Romanova M. Probabilistic forecasting and data reliability assessment in intelligent transportation systems. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.2, pp.53–64 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-2-53-64

Введение

Современные интеллектуальные транспортные системы (ИТС) активно развиваются благодаря интеграции роботизированных технологий, систем навигации и искусственного интеллекта. Важнейшей частью таких систем являются навигационные комплексы, которые обеспечивают точное определение местоположения, ориентации и скорости движения

автономных транспортных средств. Для эффективного функционирования ИТС необходимо, чтобы навигационные данные были не только точными, но и достоверными, особенно в условиях сложной городской среды. Динамичность транспортной инфраструктуры, переменные погодные условия, наличие физических препятствий и возможные помехи в работе спутниковых систем (например, GPS) создают дополни-