

РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АВТОМОБІЛЮ В СЕРЕДОВИЩІ SIMULINK

Риндін М. Д., студент; Адаменко В. О. ст. викл.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

Автомобільна індустрія зазнає істотної трансформації: найбільші виробники машин спільно з ІТ та телекомунікаційними розробниками йдуть до створення транспортних засобів з можливістю повного автономного управління. Тренд вже очевидний – в майбутньому безпілотний транспорт стане масовим явищем.

Головною проблемою залишається розробка надійного та безпечного безпілотного автомобіля. Використання динамічних моделей дозволяє оцінити вплив параметрів конструкції автомобіля на його рух, розробити

ефективні алгоритми керування автомобілем і реалізувати їх у вигляді засобів активної безпеки. На відміну від пасивних, засоби активної безпеки контролюють рух і втручаються в процес управління автомобілем, допомагаючи знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій і мінімізувати їх негативні наслідки. Динамічні моделі використовуються також при розробці програмного забезпечення для різних тестових стендів і тренажерів, що дозволяють сформувати у водіїв необхідних навичок управління автомобілем.

При проектуванні будь-якого складного технічного пристрою потрібно створити його математичну модель, автомобіль в цьому випадку не є виключенням. Математична модель автомобіля реалізована в програмному пакеті MatLab/Simulink, що дозволить зменшити кількість ресурсів, необхідних для створення кінцевого продукту. В роботі рух автомобіля представлений «Велосипедною» математичною моделлю (рис. 1а).

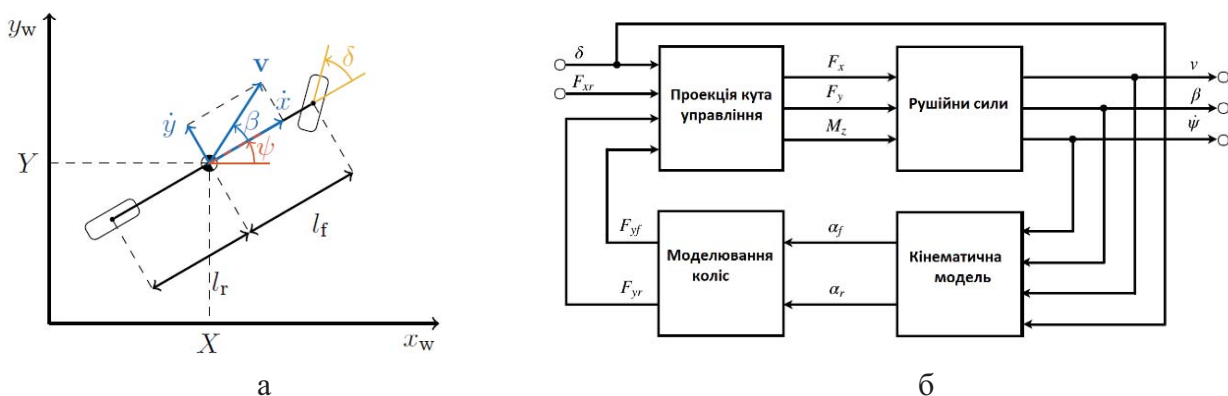


Рисунок 1. Одноколійна модель (а) та її структурна схема (б)

В рамках цієї моделі передні колеса автомобіля замінюються одним еквівалентним переднім колесом, задні — одним заднім. Рухом переднього

колеса керує водій або адаптивна система управління, вісь обертання заднього колеса фіксована в корпусі. Передбачається, що корпус і колеса моделі є абсолютно жорсткими і вона не має бічних нахилів.

«Велосипедна» модель широко використовується при описі рухів колісних транспортних засобів з малими бічними нахилами в ситуаціях, коли можна знехтувати відмінностями між характеристиками зчеплення правих і лівих коліс однієї осі із дорогою.

Нелінійні рівняння руху задаються: $\dot{X} = v \cos(\psi + \beta)$, $\dot{Y} = v \sin(\psi + \beta)$, $\dot{\psi} = \frac{v \cos(\beta)}{l_f + l_r} \tan(\delta)$, $\dot{v} = a$, $\beta = \tan^{-1} \left(\frac{l_r}{l_f + l_r} \tan \delta \right)$.

де X , Y — координати автомобіля в полярній системі координат; ψ — кут повороту автомобіля; $v = \|v\|$ — величина вектору швидкості центру мас; β — кут бокового ковзання автомобіля, кут між поздовжньою віссю транспортного засобу та напрямком вектору швидкості центру маси; l_f , l_r — відстань між центром мас та передньою та задньою віссю; δ — кут повороту переднього колеса; кути бічного ковзання передньої α_f та задньої α_r шини [1].

На Рис.1б зображена структурна схема одноколійної моделі. Ця схема включає в себе рушійні сили автомобіля по осям $x(F_x)$, $y(F_y)$ і момент інерції навколо осі $z(M_z)$ які діють на здатність розганятися, долати перешкоди та гальмувати. Проекція кута керування пов'язана з реакцією автомобіля на команди водія та його здатністю стабілізувати зовнішні відхилення. Характеристика їзди пов'язана з коливаннями транспортного засобу, збудженими поверхневими нерівностями та його впливами на модель коліс.

Інформація руху автомобіля буде передаватись на давачі і, відповідно вимірювання має певну похибку, а також на нього може впливати велика кількість зовнішніх і внутрішніх чинників, що призводить до зашумлення сигналу. Тому для фільтрування даних з давачів використовується фільтр Калмана, який враховує динамічну модель системи (наприклад, фізичний закон руху). Алгоритм складається з двох повторюваних фаз: передбачення і коригування. В першій фазі розраховується прогноз стану в наступний момент часу (з урахуванням неточності їх вимірювання). В другій — нова інформація з давача коригує передбачене значення (також з урахуванням неточності і зашумленості цієї інформації) [2].

На основі структурної схеми одноколійної моделі реалізована модель транспортного засобу в середовищі моделювання Simulink. В модель внесені зашумлення які імітують внутрішні та зовнішні завади на органи керування, дані фільтруються за допомогою фільтру Калмана.

Розроблена модель транспортного засобу підключена до симулятора Panthera/Cruden який має фізичні органи керування.

При інтенсивному гальмуванні на поверхні з різними характери-

ками зчеплення для коліс з однієї і другої сторони автомобіля виникає момент ризикання, що повертає автомобіль навколо вертикальної осі, який прагне відвести автомобіль з траєкторії руху і повернути його в сторону з більш високим коефіцієнтом зчеплення. На рис. 2 показані результати випробувань, включаючи шум від дорожнього покриття та невеликими поривами вітру, що впливають на транспортний засіб, що додається при імітації бічного ковзання. Графік складається з порівнянь результатів еталонного (Reference), зашумленого (Yaw Rate Tracking ($\alpha_f + \alpha_r$)), та відфільтрованого (Yaw Rate Tracking ($\alpha_f + \alpha_r$) Filtred) сигналів.

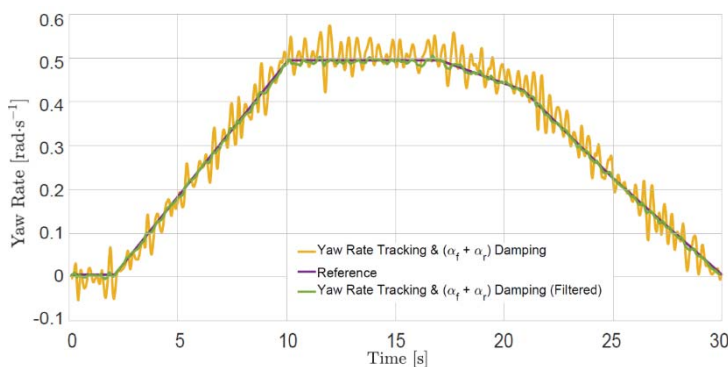


Рисунок 2. Графік ризикання коліс $v = 15$ м/с

Наведені випробування показують, що нестабільний транспортний засіб можна стабілізувати, але з деякими обмеженнями. І ці обмеження можна вирішити за допомогою фільтра Калмана.

В результаті отримана однокільна модель автомобілю в середовищі MatLab/Simulink, працездатність якої підтвер-

джена порівнянням даних моделювання з даними отриманими на симуляторі. Цю модель подальшому можна застосовувати для досліджень з реальним автомобілем.

Перелік посилань

1. Modeling a Vehicle Dynamics System [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.mathworks.com/help/ident/examples/modeling-a-vehicle-dynamics-system.html> — Назва з екрану
2. Синицын И.Н. Фильтры Калмана Учебное пособие. — М.: Университетская книга, Логос. 2006. — 640 с.: ил.

Анотація

У роботі представлено моделювання поведінки наземного транспортного засобу за допомогою програмного пакета MatLab/Simulink та подальшої фільтрації отриманих динамічних параметрів руху з елементів керування за допомогою фільтра Калмана.

Ключові слова: автомобіль, математична модель, фільтр Калмана.

Аннотация

В работе представлено моделирование поведения наземного транспортного средства с помощью MatLab/Simulink с последующей фильтрацией динамических параметров движения с элементов управления при помощи фильтра Калмана.

Ключевые слова: автомобиль, математическая модель, фильтр Калмана.

Abstract

The paper presents the modeling of the behavior of a ground vehicle using the MatLab/Simulink software package, followed by filtering the obtained dynamic parameters of movement from the controls using the Kalman filter.

Keywords: car, mathematical model, Kalman filter.