
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 681.58

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-798-809

Метод и алгоритм распознавания аварийной ситуации при перестроении автомобильными системами активной безопасности

Киреев В.А., Бобынцев Д.О.

Юго-Западный государственный университет,
Россия, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94
E-mail: avadimsa@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена вопросам борьбы с дорожно-транспортными происшествиями посредством автомобильных информационно-управляющих систем активной безопасности. Рассматриваются аварийные ситуации, возникающие в результате ошибок, допускаемых водителями при перестроении. Определены общие принципы работы существующих систем помощи при перестроении, главным недостатком является недостаточная проработка вопроса реакции системы на неверные действия водителя, которые могут привести к дорожно-транспортным происшествиям. Целью исследования является повышение эффективности работы систем помощи при перестроении посредством метода обнаружения аварийной ситуации, отличающегося измерением условного бокового интервала между транспортными средствами в соседних полосах по данным, поступающим с радарного датчика, и распознаванием намерения водителя совершить перестроение по производной условного бокового интервала. Дополнительным критерием принятия решения об аварийной ситуации в предлагаемом методе является оценка безопасности условной дистанции по правилу трёх секунд, измеряемой по данным радарного датчика. Метод предлагается применять в легковых автомобилях, оборудуемых системой помощи при перестроении. Для проверки работы метода и уточнения применяемых параметров планируется имитационное моделирование дорожного движения автомобиля с системой помощи, использующей данный метод.

Ключевые слова: системы активной безопасности, дорожно-транспортные происшествия, системы помощи при перестроении, радарные датчики, аварийная ситуация.

Для цитирования: Киреев В.А., Бобынцев Д.О. 2022. Метод и алгоритм распознавания аварийной ситуации при перестроении автомобильными системами активной безопасности. Экономика. Информатика, 49(4): 798–809. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-798-809

Method and Algorithm for Recognizing an Emergency Situation when Overriding Vehicle Active Safety Systems

Vadim A. Kireev, Denis O. Bobyntsev

Southwest State University, 94,
50 Let Oktyabrya Street, Kursk, 305040, Russia
E-mail: daniel8728@yandex.ru

Abstract. The paper is devoted to the issues of combating road traffic accidents (TRAFFIC ACCIDENT) by means of automotive information and control systems of active safety. Accidents arising as a result of mistakes made by drivers when changing lanes are considered. The general principles of the existing systems of assistance at changing lanes are defined, the main drawback being the insufficient elaboration of the system reaction to the wrong actions of the driver, which can lead to an accident. The aim of the research is to improve the efficiency of the lane change-over assist systems by means of the method of emergency situation detection, characterized by measuring the conditional lateral interval between vehicles in neighboring lanes according to the data coming from a radar sensor, and recognizing the driver's intention to make a lane change according to the derivative of the conditional lateral interval. An additional criterion of making a decision about an emergency situation in the proposed method is the safety assessment of the conditional distance according to the rule of three seconds measured also by data from a radar sensor. The method is proposed to be used in passenger cars equipped with a system of Lane Change Assist. To verify the method and refine the parameters used, a simulation of the road traffic of a car with an assist system using this method is planned.

Keywords: active safety systems, traffic accidents, Lane Change Assist Systems, radar sensors, emergency situation.

For citation: Kireev V.A., Bobyntsev D.O. 2022. Method and Algorithm for Recognizing an Emergency Situation when Overriding Vehicle Active Safety Systems. Economics. Information technologies, 49(4): 798–809 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-798-809

Введение

В современном мире в условиях высокого уровня автомобилизации населения важным аспектом качества жизни граждан является безопасность на автомобильных дорогах. Особенную актуальность данная проблема имеет в Российской Федерации, где количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на дорогах остаётся высоким и приводит как к гибели людей, так и к ущербу транспортного средства, возмещение которого, как правило, сопряжено с высокими материальными затратами. Для борьбы с ДТП применяются различные методы извне: строительство безопасных и качественных дорог, интеллектуальных транспортных систем [Бобынцев и др., 2018; Бобынцев и др., 2018; Бобынцев, Гаврилюк, 2021], а также изнутри, например, применение в транспортных средствах систем активной безопасности [Бакулов, 2021; Комзалов, Шилов, 2017; Порубов и др., 2020; Порубов и др., 2019; Сысоева, 2012; Тумасов и др., 2020; Юдин, 2016].

ДТП имеют различные виды и совершаются при разных обстоятельствах. Основной причиной ДТП при перестроении в другой ряд является незаметность транспортных средств в соседних полосах, неправильная оценка водителем обстановки в соседних полосах перед манёвром или отсутствие таковой оценки. Для решения данной проблемы производители автомобилей разрабатывают системы помощи при перестроении [Береснев и др., 2021; Бобынцев, Киреев, 2022; Киреев, Бобынцев, 2021; Цветков и др., 2015].

В известных системах помощи в соседних рядах выявляются в основном при помощи радарных датчиков [Еномян, Айвазян, 2017; Жигунова, 2016; Кулакова, 2021; Парнес, 2008;

Сысоева, 2009; Сысоева, 2007; Шишанов, Мякинков, 2015]. При возникновении опасной ситуации система помощи при перестроении оповестит водителя звуковым сигналом или иконкой на панели приборов, возможен и комбинированный вариант (иконка на панели приборов и звуковое сопровождение). Однако большинство таких систем не предполагают реакцию на попытку водителя совершить манёвр перестроения, несмотря на предупреждения о помехе, данные из открытых источников не позволяют говорить о том, что в данных системах уделяется достаточное внимание вопросу обнаружения намерения совершить перестроение. Например, включение указателей поворота нельзя считать достаточным критерием, так как, к сожалению, далеко не все водители пользуются ими при манёврах перестроения.

Тем не менее, Volvo уже применяет активное подруливание как функцию систем помощи водителю, позволяющую системе самостоятельно принимать меры по предотвращению ДТП при отсутствии должной реакции со стороны водителя [Volvo, 2018]. Система вмешивается в процесс рулевого управления и возвращает автомобиль обратно на исходную полосу. Активное подруливание с целью предотвращения ДТП при перестроении применяется только при попадании помехи в «слепую зону». Для распознавания манёвра перестроения используется функция предупреждения о сходе с занимаемой полосы, имеющая существенные недостатки, связанные с условиями применения: скорость от 65 до 200 км/ч и только на дорогах с чёткой разметкой. Это позволяет сделать вывод, что данная система будет актуальна только при движении вне населённого пункта, а функция активного подруливания не будет работать при плохой видимости дорожной разметки или её полном отсутствии, что на сегодняшний день всё ещё является вполне естественным явлением для российских автомобильных дорог. Кроме того, в зимних условиях обеспечить необходимую для систем распознавания образов видимость разметки является сложной задачей в российских реалиях. Следовательно, существующая функция активного подруливания обладает значительно ограниченной сферой применения, поэтому для обнаружения намерения водителя совершить перестроение требуется более эффективный и универсальный метод.

Таким образом, существующие системы помощи при перестроении основаны преимущественно на предупреждении в той или иной форме о наличии помехи в соседней полосе и не предполагают какой-либо реакции со стороны системы, если водитель всё же начинает манёвр перестроения, несмотря на предупреждения. При этом единственная известная система, в которой заложена такая реакция, использует методику распознавания, существенно ограничиваемую дорожными условиями и скоростным режимом. Поэтому для расширения борьбы с ДТП при перестроениях актуальной является задача более эффективного обнаружения попытки водителя совершить манёвр. Для решения этой задачи предлагается использовать применяемые в большинстве систем помощи при перестроении радарные датчики. Рассмотрим принципы их действия.

Объекты и методы исследования

Радары позволяют обнаруживать, отслеживать объекты и обрабатывать изображения. Основными преимуществами радаров перед ультразвуковыми, оптическими, лазерными и тепловыми методами являются: невидимый монтаж за непроводящими материалами, работа в любых погодных условиях, возможность работы в жестких автомобильных условиях, быстродействие и возможность параллелизации измерений, малая интерференция с другими системами, практически полное отсутствие старения, а также высокая точность и надежность предоставляемой информации.

Основными компонентами радара являются: передатчик, антенна и приёмник. Принцип действия радара состоит в обнаружении объекта в зоне действия радиосигнала и описан в работе [Сысоева, 2007].

После обнаружения объекта радар отслеживает его положение или скорость. Моностатический радар измеряет положение в сферической координатной системе с начальной точкой в фазовом центре антенны радара. Направление обзора антенны, называемое

boresight direction, лежит вдоль оси X . Угол θ называется углом азимута; для анализа положения используется также угол повышения φ , который зависит от ориентации антенны (рис. 1). В большинстве современных радарных систем φ можно не учитывать.

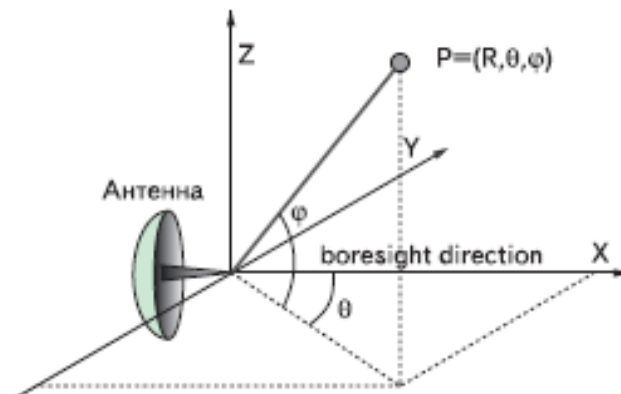


Рис. 1. Сферическая координатная система для радарных измерений
Fig. 1. Spherical coordinate system for radar measurements

Угловое положение определяется путем анализа свойств отраженного волнового сигнала. Радар определяет цель за счёт получения угла азимута относительно опорной линии или точки радарной антенны и расстояния. Угол азимута цели определяется как угловое расстояние между опорной линией антенны (в направлении перпендикуляра от опорной точки антенны boresight) и прямой, соединяющей опорную точку радарной антенны и апертурную точку цели – ближайшую точку цели.

Методика определения угла азимута цели, расстояния до цели и её скорости описана в работе [Сысоева, 2007]. Определение угла азимута цели является главным фактором, позволяющим определить посредством радарного датчика, что движущееся позади транспортное средство находится в соседнем ряду, а не в том же, что и автомобиль с радарным датчиком. Рассмотрим ситуацию, когда два автомобиля движутся по соседним полосам и находятся при этом на некотором фронтальном расстоянии друг от друга (рис. 2): автомобиль D (с системой помощи при перестроении) и автомобиль G.

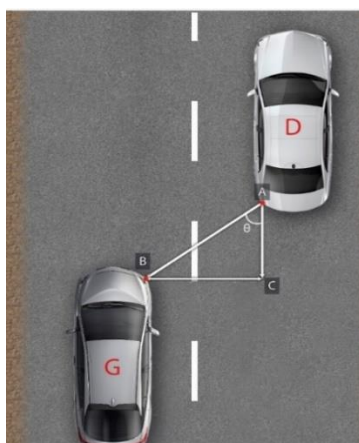


Рис. 2. Обнаружение объекта
Fig. 2. Object detection

Результаты и их обсуждение

Пусть радарный датчик установлен на левом краю заднего бампера автомобиля D и его антенна имеет направление обзора назад параллельно продольной оси автомобиля. Обозначим A как опорную точку радарной антенны, B – апертурную точку цели. Луч AC – направление обзора (опорная линия) антенны. Пусть точка C является точкой пересечения

опорной линии антенны и перпендикуляра, опущенного на опорную линию из точки В, таким образом, точки А, В и С образуют прямоугольный треугольник. Радарный датчик позволяет определить гипотенузу этого треугольника как расстояние до цели и один из углов между катетом и гипотенузой как θ – угол азимута.

В правилах дорожного движения используются понятия дистанции и бокового интервала. Дистанция – это минимальное расстояние между фронтальными бортами автомобилей, которые движутся друг за другом. Боковой интервал – это минимальное расстояние между боковыми бортами автомобилей, движущихся параллельно по соседним полосам, позволяющее свободно маневрировать на дороге. Безопасная дистанция – это дистанция, которая позволяет при появлении опасности гарантированно остановиться, не столкнувшись с транспортным средством впереди. На основании рис. 2 введём понятие условной дистанции и условного бокового интервала.

Условной дистанцией будем считать минимальное расстояние между фронтальными бортами транспортных средств в соседних полосах, как если бы они следовали по одной полосе. Условным боковым интервалом будем считать минимальное расстояние между боковыми бортами транспортных средств в соседних полосах, как если бы они следовали рядом друг с другом. На рис. 2 отрезок АС – условная дистанция, а отрезок ВС – условный боковой интервал. Таким образом, представляется возможным, получая от радарного датчика угол азимута и расстояние до цели, вычислять данные величины. При этом следует учитывать, что форма кузова многих современных автомобилей не является строго прямоугольной на виде сверху. Закругления бамперов могут сместить апертурную точку цели относительно её истинных габаритов, поэтому при расчёте указанных величин необходимо учитывать погрешность измерения приблизительно 10 – 20 см.

Отметим, что взаимное расположение автомобиля с системой помощи при перестроении и его помехи не всегда будет таким, как на рис. 2. Тем не менее, некоторые существующие системы помощи при перестроении, например, Audi Side Assist используют радарные датчики с двумя антеннами, одна из которых посылает луч назад, а другая – вбок, датчик переключается с одной на другую 15 раз в секунду. Таким образом достигается сканирование пространства не только позади линии заднего борта машины, но и частично впереди неё, что позволяет не терять из виду помеху, которая уже догнала автомобиль с системой помощи при перестроении, но ещё находится позади кресла водителя, вынуждая его смотреть в боковое зеркало или поворачивать голову назад (рис. 3).

Это означает, что для полного покрытия пространства, которое необходимо сканировать, и корректного вычисления условного бокового интервала, необходимо использовать такой датчик с двумя антеннами, у одной из которых направление обзора будет параллельно продольной оси, а у другой – перпендикулярно в сторону полосы, на которой радар ищет помеху.

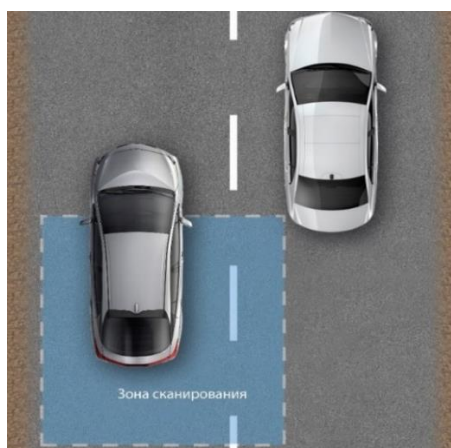


Рис. 3. Зона сканирования
Fig. 3. Scanning area

Определим порядок расчёта условной дистанции и условного бокового интервала на рис. 2 по законам тригонометрии. Условным боковым интервалом является катет BC , длина которого вычисляется по формуле (1):

$$BC = \sin(\theta) \times AB. \quad (1)$$

Условной дистанцией является катет AC , длина которого вычисляется по формуле (2):

$$AC = \cos(\theta) \times AB. \quad (2)$$

Введём критерий для определения намерения совершить перестроение. Признаком намерения водителя совершить перестроение можно считать быстрое сокращение условного бокового интервала между ним и его помехой на соседней полосе, что может означать движение в сторону соседней полосы. Когда помехи на полосе нет и для расчёта условного бокового интервала нет исходных данных, то есть ничто и не препятствует совершению перестроения, поэтому данный случай не представляет интереса. Исходя из этого, для определения намерения водителя совершить перестроение предлагается в равные предельно малые промежутки времени измерять условный боковой интервал b . С математической точки зрения скорость изменения некоторой функции в заданной точке есть производная этой функции – предел отношения приращения функции к приращению аргумента при стремлении приращения аргумента к нулю. Измеряя боковой интервал в предельно малые промежутки времени, представляется возможным численно определить производную условного бокового интервала по времени:

$$b'(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta b}{\Delta t}. \quad (3)$$

Так как радарный датчик позволяет нам вычислять лишь значения Δb , то есть отсутствует аналитическое представление функции условного бокового интервала. Для определения приближённого значения производной будем использовать простейшую формулу численного дифференцирования:

$$b'(t) = \frac{b(t) - b(t-h)}{h}, \quad (4)$$

где h – интервал времени, в который измеряется условный боковой интервал (шаг дифференцирования), $b(t-h)$ – условный боковой интервал в начале временного промежутка, $b(t)$ – условный боковой интервал в конце временного промежутка.

Выбрав пороговое значение производной условного бокового интервала, а также минимально допустимую величину интервала, представляется возможным использовать указанные данные для определения намерения водителя совершить перестроение. Однако сам факт начала манёвра перестроения при наличии помехи на соседней полосе в зоне действия радарного датчика ещё не означает наличие аварийной ситуации, так как для её определения недостаточно обозначенных факторов. Необходимо учитывать также скорость помехи и условную дистанцию, рассчитываемую на основании данных датчика. Если после завершения перестроения дистанция между автомобилем с системой помощи и его помехой окажется небезопасной, то возникает опасность фронтального столкновения. Следовательно, для безопасного перестроения должна быть условная дистанция, то есть система помощи должна выполнять оценку этого фактора. Рассмотрим варианты определения безопасности дистанции.

Пункт 9.10 Правил дорожного движения гласит, что «водитель должен соблюдать такую дистанцию до движущегося впереди транспортного средства, которая позволила бы из-

бежать столкновения, а также необходимый боковой интервал, обеспечивающий безопасность движения». Обе эти величины автомобилист должен определять самостоятельно. Для того, чтобы определить безопасную дистанцию существуют множество приемов. Один из них – на сухой дороге необходимо текущую скорость делить надвое. Например, при скорости автомобиля 100 км/ч безопасная дистанция до движущейся впереди машины составит 50 метров. Данный способ работает только на сухой дороге и преимущественно на загородном шоссе. В случае неблагоприятных климатических условий, например, дождя или снега, безопасная дистанция будет равна скорости движения транспортного средства.

Для поездок по городу существует следующая рекомендация – эффективное расстояние на городской дороге должно составлять 2/3 корпуса транспортного средства. В применении к легковым авто это 3 – 4 метра. На перекрестках необходимо выдержать дистанцию 2 – 3 метра и этого достаточно, чтобы в случае удара сзади автомобиль не задел соседа впереди и машины на другой полосе.

Все перечисленные способы не универсальны и для их использования в системе помощи при перестроении требуется учитывать множество факторов, не все из которых представляется возможным сообщать бортовому компьютеру автомобиля, поэтому необходим подход, позволяющий принять верное решение о безопасности условной дистанции в подавляющем большинстве случаев и зависящий только от скорости помехи. Наиболее подходящим для этого является правило 3 секунд.

«Дистанция в 3 секунды» – это расстояние, которое проходит автомобиль за 3 секунды, сохраняя текущую скорость движения, это расстояние и считается безопасной дистанцией [Методика защитного вождения, 2016]. Целесообразность выбора 3 секунд объясняется следующими факторами: 1,5 секунды необходимо на то, чтобы отреагировать на опасную ситуацию, 0,5 секунды необходимо для срабатывания тормозной системы и 1 секунда в качестве запаса времени на торможение.

Для расчёта безопасной дистанции по правилу 3 секунд используется следующая формула (5):

$$D = \frac{V \times 1000}{3600} \times 3, \quad (5)$$

где D – безопасная дистанция, а V – текущая скорость автомобиля.

Например, в соответствии с данным правилом безопасная дистанция для автомобиля, движущегося со скоростью 60 км/час, составляет 50 м.

Исследования показывают, что в большинстве случаев определение безопасной дистанции по правилу 3 секунд позволяет избежать фронтального столкновения транспортных средств, двигающихся в попутном направлении, независимо от других факторов. Поэтому данное правило рекомендовано правоохранительными органами стран мира, в том числе и ГИБДД Российской Федерации, для определения безопасной дистанции, а также используется перспективными системами беспилотного транспорта.

На основании всего сказанного сформулируем предлагаемый метод обнаружения аварийной ситуации при перестроении: обнаружение помехи в соседней полосе осуществляется посредством двухантенного радарного датчика. Определение скорости помехи и условной дистанции осуществляется бортовым компьютером на основе данных радарного датчика. Определение безопасности условной дистанции происходит по правилу 3 секунд. Измерение условного бокового интервала с помощью бортового компьютера на основе данных радарного датчика в малые промежутки времени, а также вычисление приближённого значения производной условного бокового интервала по времени. Если производная условного бокового интервала превысила пороговое значение или значение условного бокового интервала меньше минимально допустимого, при этом условная дистанция в соответствии с правилом 3 секунд не является безопасной, принимается решение об аварийной ситуации – опасности ДТП при продолжении манёвра, требующей немедленного принятия мер по предотвращению

ДТП. Иначе манёвр можно считать безопасным. При отсутствии помехи в зоне действия радарного датчика манёвр также считается безопасным.

В соответствии с описанным методом определим алгоритм работы системы в виде блок-схемы (рис. 4). Алгоритм должен циклически повторяться при обнаружении помехи в соседней полосе в зоне видимости радарного датчика с частотой, определяемой шагом численного дифференцирования h , то есть интервалом времени Δt , в который должно вычисляться значение условного бокового интервала. Входными данными алгоритма является предыдущее значение условного бокового интервала (в первом цикле равно текущему значению), кратчайшее расстояние до помехи R , угол азимута θ , скорость помехи, интервал времени Δt и пороговое значение производной $b'_n(t)$. В результате работы алгоритма система определяет: попытку водителя совершить манёвр перестроения, а также является ли манёвр в текущих условиях опасным.

Если условная дистанция больше или равна безопасной дистанции, определяемой по правилу 3 секунд, система даёт ответ, что перестроение безопасно и не будет отслеживать попытку совершить манёвр. Иначе система рассчитывает условный боковой интервал и его производную. Если производная больше порогового значения, то система фиксирует опасность столкновения. После этого текущее значение условного бокового интервала передаётся в новый цикл алгоритма в качестве предыдущего значения b_{np} .

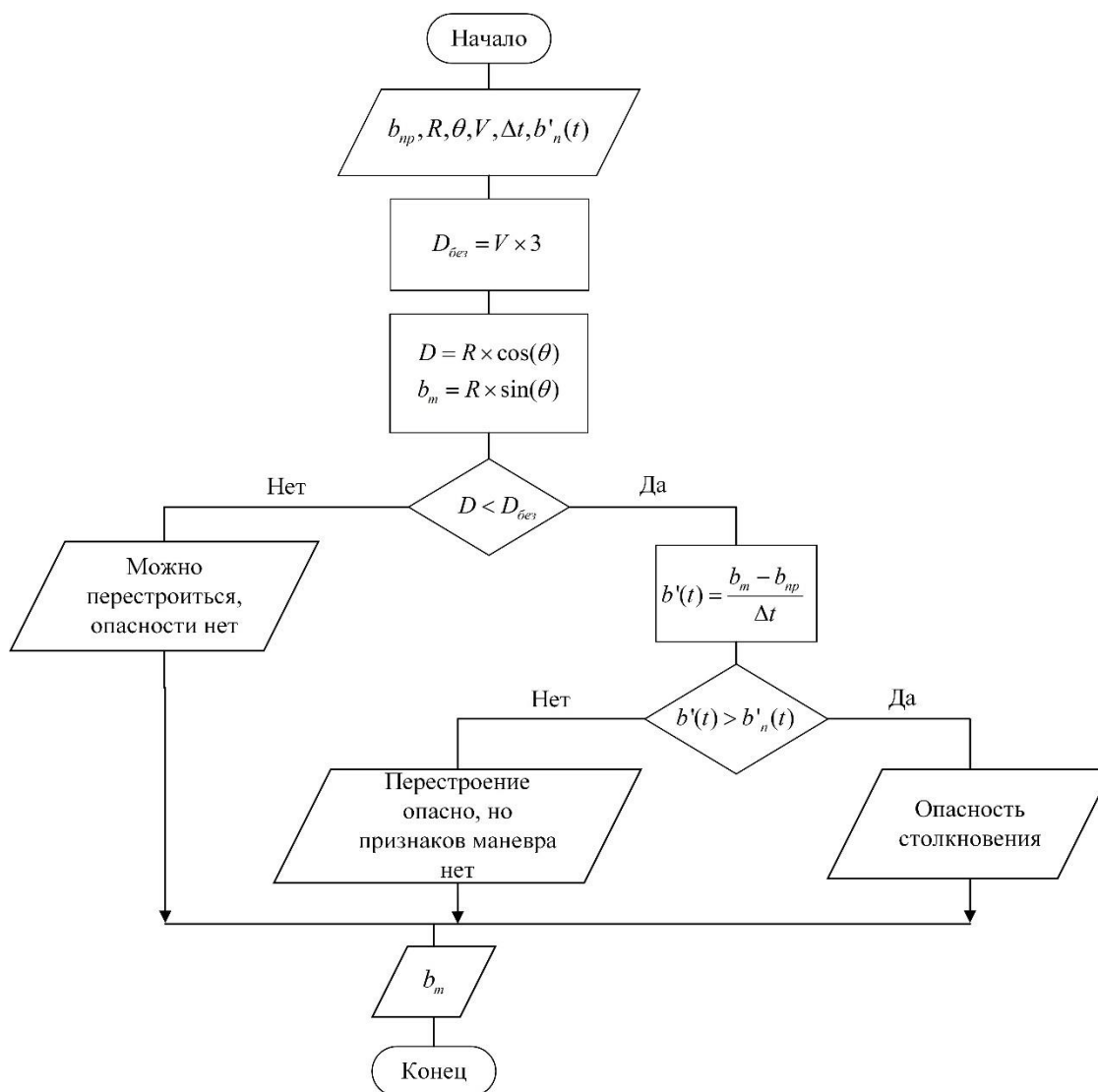


Рис. 4. Алгоритм распознавания аварийной ситуации при перестроении
Fig. 4. Algorithm for recognizing an emergency situation when changing lanes

Данный метод и алгоритм позволит системе помощи при перестроении принимать решения о вмешательстве в процесс управления с целью предотвращения ДТП и таким образом снизить аварийность на многополосных автомобильных дорогах. Эффективность метода будет проверена имитационным моделированием дорожного движения в дальнейших работах.

Заключение (выводы и рекомендации)

На основании работы можно сделать следующие выводы о том, что многие автопроизводители оборудуют свои модельные ряды системами помощи при перестроении, однако большинство систем имеет предупреждающе-рекомендательный принцип действия. Большинство систем основано на радарных датчиках, но применяются и другие методы, технологии обнаружения помех и опасных ситуаций, но реакцию на игнорирование водителем всех предупреждений системы на сегодняшний день предполагает только одна система с активным подруливанием. Система с активным подруливанием ограничена дорожными условиями и скоростным режимом, поэтому для определения намерения водителя совершить перестроение в данной работе предлагается использовать данные, получаемые с радарных датчиков, то есть измерять на их основе условный боковой интервал, по сокращению которого идентифицировать начало манёвра перестроения. Для определения аварийной ситуации система также должна принимать решение о безопасности условной дистанции между автомобилем с системой помощи при перестроении и его помехой в соседней полосе по правилу 3 секунд. Для определения порогового значения производной условного бокового интервала и минимального допустимого интервала необходимо имитационное моделирование дорожного движения и разработанного метода обнаружения аварийной ситуации.

Список литературы

- Volvo. Веб узел описания функции предупреждения о сходе с занимаемой полосы о радарх. URL: <https://www.volvocars.com/ru-md/support/manuals/s90/2016w46/podderzhka-voditelya/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy> (дата обращения: 01.09.2022).
- Бакулов П.А. 2021. Продвинутое системы помощи водителю как основа безопасности общественного транспорта. *International Journal of Professional Science*, 6: 53-59.
- Береснев П.О., Зарубин Д.Н., Тюгин Д.Ю., Мишустов В.П., Филатов В.И., Порубов П.Д. 2021. Разработка системы контроля слепых зон для коммерческих транспортных средств. *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*, 3: 68-80.
- Бобынцев Д.О., Гаврилюк А.А. 2021. Структуры данных для сбора статистики дорожно-транспортных происшествий на аварийно-опасных перекрестках в населённом пункте. *Опτικο-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов и обработки изображений "Распознавание-2021"*, сб. мат. XVI межд. научно-техническая конференция. – Курск, ЮЗГУ: 66-68.
- Бобынцев Д.О., Киреев В.А. 2022. Обнаружение аварийной ситуации при перестроении автомобильными системами активной безопасности. *Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее*, Сборник статей 4-й Международной научно-технической конференции, Курск, 20 мая 2022 года: 27-30.
- Бобынцев Д.О., Чесноков А.М., Дегтярёв С.В. 2018. Метод анализа данных о дорожно-транспортных происшествиях на аварийно-опасном участке дорог в населённом пункте. *Информационные системы и технологии "ИСТ-2018"*, Сборник материалов IV Международной научно-технической конференции. – Курск, ЗАО "Университетская книга": 127-130.
- Бобынцев Д.О., Чесноков А.М., Дегтярёв С.В. 2018. Применение имитационного моделирования для снижения аварийности на опасных участках автомобильных дорог населённого пункта. *Информационные системы и технологии "ИСТ-2018"*, Сборник материалов IV Международной научно-технической конференции. – Курск, ЗАО "Университетская книга": 124-126.

- Еномян Г.К., Айвазян М.Ц. 2017. Автомобильные радары гигагерцового диапазона. Вестник Национального политехнического университета Армении, Информационные технологии, электроника, радиотехника (1): 89-96.
- Жигунова Т.А. 2016. Датчики автомобильных электронных систем. Материалы ежегодной всероссийской научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов, посвященной 85-летию МГОУ, Факультет технологии и предпринимательства, Москва: 27-32.
- Киреев В.А., Бобынцев Д.О. 2021. Актуальные направления развития интеллектуальных автомобильных систем помощи при перестроении. Интеллектуальные и информационные системы "Интеллект – 2021", Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции. – Тула, ТулГУ: 63-66.
- Комзалов А.М., Н.Г. Шилов, 2017. Применение современных технологий в системах помощи водителю автомобиля. Изв. вузов. Приборостроение, 11: 1077—1082.
- Кулакова Н.С., 2021. Обзор автомобильных сенсорных технологий для распознавания окружающей среды и объектов. Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации, сборник статей XLIV Международной научно-практической конференции, Пенза: 93-96.
- Методика защитного вождения. Веб узел сетевого СМИ «Друг для друга Курск Онлайн». URL: <http://www.dddkursk.ru/number/1139/auto/002224/print/>. (дата обращения: 01.09.2022).
- Парнес М., 2008. Применение радарных датчиков в автомобиле. Компоненты и технологии, 1(78): 41-44.
- Порубов Д.М., А.А. Гладышев, Д.Ю. Тюгин, П.О. Береснев, В.И. Филатов и А.В. Пинчин, 2020. Разработка системы контроля полосы движения на основе технического зрения. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 4(131): 119-126.
- Порубов Д.М., А.В. Пинчин, Д.Ю. Тюгин, А.В. Тумасов, П.О. Береснев и В.В. Беляков, 2019. Разработка системы удержания в полосе движения для коммерческих транспортных средств. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 5(94): 197-204.
- Сысоева С. 2007. Актуальные технологии и применения датчиков автомобильных систем активной безопасности. Часть 6. Радары. Компоненты и технологии, 3(68): 67-76.
- Сысоева С. 2009. Видеокамеры и слияние сенсорных данных датчиков в автомобильных системах безопасности СПВ следующего поколения. Компоненты и технологии, 5(94): 27-32.
- Сысоева С. 2012. Интеллектуальные автомобильные ассистенты и датчики. Компоненты и технологии, 1(126): 7-18.
- Тумасов А.В., Береснев П.О., Филатов В.И., Тюгин Д.Ю., Улитин А.В. 2020. Разработка системы помощи водителю при парковке для коммерческих транспортных средств. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 3(130): 132-140.
- Цветков Г.А., Хлюпин А.С., Шевченко А.Е. 2015. Методика определения интервала безопасности автомобильной системы помощи при перестроении. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управление рисками, 2: 67-72.
- Шишанов С.В., Мякинков А.В. 2015. Система кругового обзора для транспортных средств на основе сверхширокополосных датчиков. Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника, 2: 55-61.
- Юдин Д.А., Горшкова Н.Г., Кныш А.С., Фролов С.В. 2016. Распознавание транспортных средств и регистрация их траектории движения на последовательности изображений. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 6: 139-148.

References

- Volvo. Web node describing the radar lane departure warning function. URL: <https://www.volvocars.com/ru-md/support/manuals/s90/2016w46/podderzhka-voditelya/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy> (accessed 01.09.2022).
- Bakulov P.A. 2021. Advanced driver assistance systems as a basis for public transport safety. International Journal of Professional Science, 6: 53-59.

- Beresnev P.O., Zarubin D.N., Tyugin D.Yu., Mishustov V.P., Filatov V.I., Porubov P.D. 2021. Development of a blind spot monitoring system for commercial vehicles. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 3: 68-80.
- Bobyntsev D.O., Gavrilyuk A.A. 2021. Data structures for collecting statistics of traffic accidents at accident-prone intersections in a settlement. Optoelectronic Devices and Devices in Pattern Recognition and Image Processing Systems "Recognition-2021", Proc. XVI Int. scientific-technical conference. – Kursk, Southwestern State University: 66-68.
- Bobyntsev D.O., Kireev V.A. 2022. Detection of emergency situation during rearrangement by automotive active safety systems. Automobiles, transport systems and processes: present, past and future, Proceedings of the 4th International Scientific and Technical Conference, Kursk, May 20, 2022: 27-30.
- Bobyntsev D.O., Chesnokov A.M., Degtyarev S.V. 2018. A method for analyzing data on road accidents on the accident-prone road section in a settlement. Information systems and technologies "IST-2018", Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference. – Kursk, ZAO "University Book": 127-130.
- Bobyntsev D.O., Chesnokov A.M., Degtyarev S.V. 2018. Application of simulation modeling to reduce accidents on dangerous sections of residential roads. Information Systems and Technologies "IST-2018", Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference. – Kursk, ZAO "University Book": 124-126.
- Yenokyan G.K., Ayyazyan M.C. 2017. Automobile radars of gigahertz range. Bulletin of the National Polytechnic University of Armenia, Information Technology, Electronics, Radio Engineering (1): 89-96.
- Zhigunova T.A. 2016. Sensors of automotive electronic systems. Proceedings of the annual all-Russian scientific-practical conference of teachers, graduate students and students dedicated to the 85th anniversary of Moscow State University, Faculty of Technology and Entrepreneurship, Moscow: 27-32.
- Kireev V.A., Bobyntsev D.O. 2021. Actual directions of development of intelligent automobile systems of assistance in shifting. Intelligent and Information Systems "Intellect – 2021", Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference. – Tula, Tula State University: 63-66.
- Komzalov A.M., Shilov N.G. 2017. Application of modern technologies in car driver assistance systems. Izv. vuzov. Instrumentation Engineering, 11: 1077-1082.
- Kulakova N.S. 2021. Review of automotive sensor technologies for environmental and object recognition. Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations, Proceedings of XLIV International Scientific-Practical Conference, Penza: 93-96.
- Defensive driving techniques. Web site of the network media "Friend for Friend Kursk Online". URL: <http://www.dddkursk.ru/number/1139/auto/002224/print/>. (date of reference: 01.09.2022).
- Parnes M. 2008. Applications of radar sensors in the automobile. Components and Technology, 1(78): 41-44.
- Porubov D.M., Gladyshev A.A., Tyugin D.Yu., Beresnev P.O., Filatov V.I., Pinchin A.V. 2020. Development of a vision-based lane control system. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 4(131): 119-126.
- Porubov D.M., Pinchin A.V., Tyugin D.Yu., Tumasov A.V., Beresnev P.O., Belyakov V.V. 2019. Development of a lane-keeping system for commercial vehicles. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 5(94): 197-204.
- Sysoeva S. 2007. Actual technologies and applications of sensors of automotive active safety systems. Part 6. Radars. Components and technologies, 3(68): 67-76.
- Sysoeva S. 2009. Video cameras and sensor data fusion in next-generation automotive SPV safety systems. Components and Technology, 5(94): 27-32.
- Sysoeva S. 2012. Intelligent automotive assistants and sensors. Components and technologies, 1(126): 7-18.
- Tumasov A.V., Beresnev P.O., Filatov V.I., Tyugin D.Yu., Ulitin A.V. 2020. Development of a driver parking assistance system for commercial vehicles. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 3(130): 132-140.
- Tsvetkov G.A., Khlyupin A.S., Shevchenko A.E. 2015. Methodology for Determining the Safety Interval of an Automotive Lane Change Assist System. Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Safety and Risk Management, 2: 67-72.
- Shishanov S.V., Myakinkov A.V., 2015. Circular vision system for vehicles based on ultra-wideband sensors. Proceedings of Higher Educational Institutions of Russia. Radioelectronics, 2: 55-61.



Yudin D.A., Gorshkova N.G., Knysh A.S., Frolov S.V. 2016. Vehicle recognition and trajectory registration on image sequences. Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 6: 139-148.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Киреев Вадим Андреевич, аспирант кафедры вычислительной техники, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

Бобынцев Денис Олегович, к.т.н., доцент кафедры вычислительной техники, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vadim A. Kireev, Postgraduate Student of Computer Engineering Department, South-West State University, Kursk, Russia

Denis O. Bobyntsev, Candidate of Technical Sciences, Professor, Associate Professor of Computer Engineering Department, South-West State University, Kursk, Russia