

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 004.896

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ БОРТОВОЙ СИСТЕМОЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ МОНИТОРИНГЕ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Ким Н.В.^{*}, Бодунков Н.Е.^{**}, Михайлов Н.А.^{***}

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия*

^{} e-mail: nkim2011@list.ru*

*^{**} e-mail: boduncov63@yandex.ru*

*^{***} e-mail: mikhailov.mai@gmail.com*

Статья посвящена повышению эффективности решения целевой задачи оценки дорожной обстановки (обнаружению аварий) за счет использования систем технического зрения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Авторы предлагают новую методику автономной (без участия оператора) классификации дорожных ситуаций на основе использования семантических описаний наблюдаемой сцены. Предложена структура описания и методика принятия решений о классе наблюдаемой дорожной ситуации. Приведен пример классификации ситуации по реальному изображению дорожного происшествия.

Ключевые слова: классификация ситуаций на основе семантических описаний, системы технического зрения автономных БПЛА, распознавание атрибутов дорожной ситуации.

Введение

Современные средства авиационного наблюдения (системы технического зрения) позволяют эффективно обнаруживать различные наземные объекты [1], в том числе и транспортные средства (ТС).

Можно выделить два направления применения средств технического зрения на беспилотных летательных аппаратах:

1) автономная визуальная или комплексная навигация и ориентация БПЛА на открытой местности [2] или в ограниченном пространстве [3, 4];

2) обнаружение, распознавание и слежение за объектами [5—12]. В частности, данные средства могут быть использованы при автоматизации процессов контроля и управления дорожным движением [9—12].

В этих целях применяются беспилотные летательные аппараты с установленными на них системами мониторинга, использующими различные подходы для обнаружения мобильных наземных объектов.

Известны различные подходы для обнаружения мобильных наземных объектов:

1) использование методов глубокого обучения по сегментированным изображениям [13];

2) выделение на изображении «особых точек» (наиболее устойчивых к аффинным преобразованиям) и сопоставление этих точек с заранее известным эталоном [14];

3) использование методов кластеризации [15];

4) комплексирование средств технического зрения различной физической природы и использование методов нечеткой логики [16].

В представленной работе рассматривается задача мониторинга дорожной обстановки с помощью БПЛА, оснащенного системой наблюдений (например, видеокамерой), проводящего регулярный облет заданной зоны ответственности. В результате анализа полученной БПЛА видеоинформации принимается решение о состоянии дорожной ситуации и, в случае необходимости, определяется план мероприятий, обеспечивающих восстановление требуемой пропускной способности дороги.

Анализ видеоинформации, передаваемой по радиоканалу на пункт управления, и принятие решений о дорожной ситуации выполняются оператором. Данная технология может привести к ошибкам в принятии решений, связанным с информационной перегрузкой оператора (большие потоки видеоинформации), т.е. с влиянием человеческого фактора.

В перспективе использование БПЛА для автоматического мониторинга дорожного движения может обеспечить существенное повышение пропускной способности дорог, оптимизацию мероприятий по устранению последствий дорожных происшествий, сокращению потерь, сопутствующих происшествиям, и пр.

БПЛА, оснащенные системами наблюдения, например видеокамерами, принимают на борту изображения (видеопоследовательности) и могут выделять на них объекты интереса: дороги и транспортные средства. Проводятся исследования по повышению надежности обнаружения объектов интереса [1, 6], увеличению производительности вычислений [7] и т.д.

Оценка параметров движения объектов интереса (при мониторинге дорожного движения — транспортных средств) позволит автоматически (без помощи оператора) выделять участки дороги, например, с пониженной пропускной способностью. Однако в известных работах не рассматриваются вопросы классификации ситуаций при необходимости одновременного решения нескольких поставленных задач, например таких, как:

1) обеспечение требуемой пропускной способности дороги на основе выявления (обнаружения) затруднений в движении, предзаторовых, заторовых и других особых, в частности чрезвычайных, ситуаций, иных помех движению транспортных средств; ликвидация последствий особых ситуаций; предупреждения дорожно-транспортных происшествий и пр.;

2) обеспечение безопасности граждан благодаря осуществлению действий (мероприятий), направленных на сохранение их жизни и здоровья;

3) обеспечение сохранности самого БПЛА и его оборудования.

Сложность принятия решений увеличивается, если при этом необходимо минимизировать возможный материальный ущерб, связанный с затратами на ложные вызовы аварийно-спасательной службы, службы технической помощи, с простоями транспортных средств и пр.

Ошибки оператора или несвоевременность принятия решений по классификации особых ситуаций могут привести к значительным материальным потерям и снижению безопасности граждан.

Таким образом, мы предлагаем решение актуальной задачи классификации особых дорожных ситуаций на основе анализа наблюдаемых на борту БПЛА сцен.

Постановка задачи

В соответствии с [12] примем, что используется следующая классификация дорожных ситуаций:

1) дорожные ситуации подразделяются на пять классов ($M = 5$), составляющих исходный алфавит классов возможных дорожных ситуаций;

2) класс x_1 — штатная дорожная ситуация. Пропускная способность конкретного участка дороги для данного времени года и суток находится в пределах определенных допусков;

3) классы x_2, x_3, x_4, x_5 относятся к особым ситуациям, возникновение которых приводит к выходу текущих значений пропускной способности дороги за пределы заданных (для штатной ситуации) допусков. Чем выше класс ситуации, тем более тяжелыми будут последствия;

4) класс x_2 — особая ситуация, которая не приводит к прямым материальным потерям, но при которой пропускная способность нарушается, выходя за пределы допусков штатной ситуации: например, автомобиль, стоящий на проезжей части дороги;

5) особые ситуации классов x_3, x_4 относятся к аварийным ситуациям, сопровождающимся материальными потерями, в частности повреждениями

транспортных средств различной степени тяжести, полученными в результате столкновения транспортных средств;

б) ситуация класса x_5 является катастрофической и сопровождается человеческими жертвами.

Для ликвидации последствий особых ситуаций, и в частности восстановления требуемой пропускной способности, необходима реализация мероприятий, соответствующих этим ситуациям.

Так, для ликвидации последствий ситуации класса x_2 , возможно, потребуется помощь сотрудников ДПС; ситуаций классов x_3, x_4 — вызов службы технической помощи, а при катастрофической ситуации класса x_5 необходимо также участие служб медицинской помощи.

Определение класса текущей дорожной ситуации относится к широкому кругу задач распознавания [17, 18]. В рамках методологии решения подобных задач при известном алфавите классов (в нашем случае — ситуаций) необходимо сформировать словарь признаков, обеспечивающих разделение признакового пространства на области, соответствующие выделяемым классам.

Примем, что визуальными признаками или атрибутами отдельных классов ситуаций, которые могут быть выявлены и оценены в результате анализа видеоинформации, являются:

- 1) положение отдельных транспортных средств;
- 2) повреждения транспортных средств;
- 3) относительное расположение транспортных средств;
- 4) относительные положения транспортных средств и людей.

Для оценки этих атрибутов необходимо обнаружить и распознать все объекты, существенные для определения соответствующих классов ситуаций [18, 19]. Далее проводится оценка координат и положения этих объектов (признак 1). Эти задачи могут быть решены известными методами обработки изображений.

Значительные повреждения транспортных средств (признак 2) могут определяться на основе сопоставления эталонов неповрежденных транспортных средств и их текущих изображений, например с помощью корреляционных алгоритмов [17]

Атрибуты 3, 4 относятся к атрибутам, характеризующим межобъектные, в частности пространственные, отношения. Для их оценки предлагается использовать соответствующие базы знаний, формируемые по реальным примерам дорожных происшествий или на основе моделирования подобных ситуаций.

Таким образом, для решения задачи автоматической классификации дорожных ситуаций необходимо разработать:

- 1) алгоритм классификации ситуаций;
- 2) методику формирования описаний, обеспечивающих возможность реализации алгоритма классификации;
- 3) алгоритм принятия решений о классе наблюдаемой ситуации.

Алгоритм классификации дорожных ситуаций

Рассмотрим алгоритм классификации дорожной ситуации (рис. 1) на основе анализа принимаемой БПЛА видеоинформации.

На вход алгоритма подается принятое бортовой системой наблюдения (видеокамерой) изображение (или видеопоследовательность) наблюдаемой сцены.

Выходом алгоритма является решение о предполагаемом классе наблюдаемой ситуации, принятое на основе ее анализа.

Под анализом ситуации далее будет пониматься выделение объектов интереса, определение их параметров и межобъектных отношений, существенных с точки зрения классификации.

В блок 1 поступает видеоинформация о наблюдаемой сцене. На основе обработки и анализа принятых изображений производятся обнаружение, распознавание, оценка положений и параметров объектов интереса. Перечень объектов интереса должен быть определен в блоке 4 (на основе, заложенной в него онтологии). В блоке 2 на основании полученных данных формируются описания наблюдаемой сцены. При этом общая структура описаний определяется в блоке 4. В результате работы блока формируется описание, содержащее набор фактов, необходимых для классификации ситуации.

В блоке 3 производится анализ ситуации, результатом которого является определение искомого класса дорожной ситуации. Классификацию предлагается проводить на основе каузальной логики [13], связывающей между собой причины и следствия исследуемых событий, с помощью заранее подготовленной базы знаний (БЗ). Для принятия решения используются факты, полученные из описания, сформированного в блоке 2.

В блоке 4 содержится общее описание ситуаций, определяющее структуру описаний объектов интереса, их свойств (атрибутов) и межобъектных отношений.

Примем, что методика классификации ситуаций включает, по аналогии с [12], решение следующих основных задач:



Рис. 1. Алгоритм классификации ситуаций

Задача 1. Состоит в выборе соответствующего принципа классификации и формировании алфавита классов ситуаций.

Задача 2. Связана с формированием описаний наблюдаемой сцены, содержащих атрибуты распознаваемых ситуаций (аналог словаря признаков [19]).

Задача 3. Заключается в выборе алгоритмов принятия решений, позволяющих отнести исследуемую ситуацию к соответствующему классу.

Рассмотрим более подробно отдельные этапы классификации дорожной обстановки.

Формирование описаний наблюдаемой сцены

Методика формирования описаний наблюдаемой сцены включает следующие этапы:

- 1) выбор структуры описаний;
- 2) формирование структуры онтологии для описания ДТП;
- 3) определение содержания классов и подклассов онтологии.

Рассмотрим решение задачи, связанной с разработкой структуры описаний различных возможных ситуаций (рис.1, блок 2).

Примем, что структура описания («Description of Observed Scene») имеет следующий вид:

- 1) общее состояние наблюдаемой сцены (Class «Observed Scene»);
- 2) описания объектов интереса, т.е. объектов, которые могли участвовать в возникновении и развитии транспортного происшествия (ТА) (Class «Objects of TA»);

3) описание внешних условий, которые могли повлиять на возникновение и развитие транспортного происшествия (ТА) (Class «External Condition»);

4) описания объектов, которые могли косвенно повлиять на возникновение и развитие транспортного происшествия (ТА) (Class «Additional Objects»).

Описание носит иерархический характер и в зависимости от уровня иерархии делится на классы, подклассы и разделы различного уровня.

В общем случае могут использоваться различные виды описаний ситуации: пространственные [21], пространственно-временные [22, 23], временные, каузальные [10, 12, 20].

Если предполагаемое решение поставленных задач основано на анализе расположения объектов интереса, т.е. пространственных отношений между объектами, то целесообразно использовать пространственные описания. В рассматриваемой задаче классификации дорожных ситуаций (по их последствиям) данный вид описаний является наиболее важным.

В дальнейшем будет использоваться двумерное представление описания сцены с учетом направления и расстояния между объектами интереса.

В случае исследования процессов, связанных с решением задач слежения за подвижными объектами, как в [24], используется пространственно-временное описание ситуации.

Временные описания для рассматриваемой задачи не являются актуальными и в данном исследовании не рассматриваются.

Каузальные описания используются при анализе ситуаций (рис. 1, блок 3).

На рис. 2 представлен фрагмент онтологии для описания дорожно-транспортных происшествий.

Класс «Наблюдаемая сцена» («Observed Scene») содержит общую информацию о наблюдаемой сцене, обеспечивающую ее идентификацию, локализацию и определяющую объекты интереса.

Класс «Объекты ДТП» («Objects of TA»): подкласс «Общее описание» («General Description») должен содержать базовый перечень объектов интереса: автомобилей, людей, объекты, в том числе дороги, препятствия и пр., которые могут быть

объектами дорожного происшествия. В целом данный подкласс включает описания объектов: их атрибутов (типов, свойств, состояния, положения и пр.), отношений между объектами.

Подкласс «Люди» («People») данного класса содержит описания людей, в том числе свойства, состояния, отношения, в частности пространственные.

К подклассу «Транспортные средства» («Vehicle») относятся все транспортные средства, непосредственно участвовавшие в ДТП (ТА). В описании должна присутствовать информация о свойствах, состоянии транспортных средств и их отношениях с другими объектами сцены.

К подклассу «Объекты» («Objects») могут относиться такие объекты, как: дорога, здания или со-

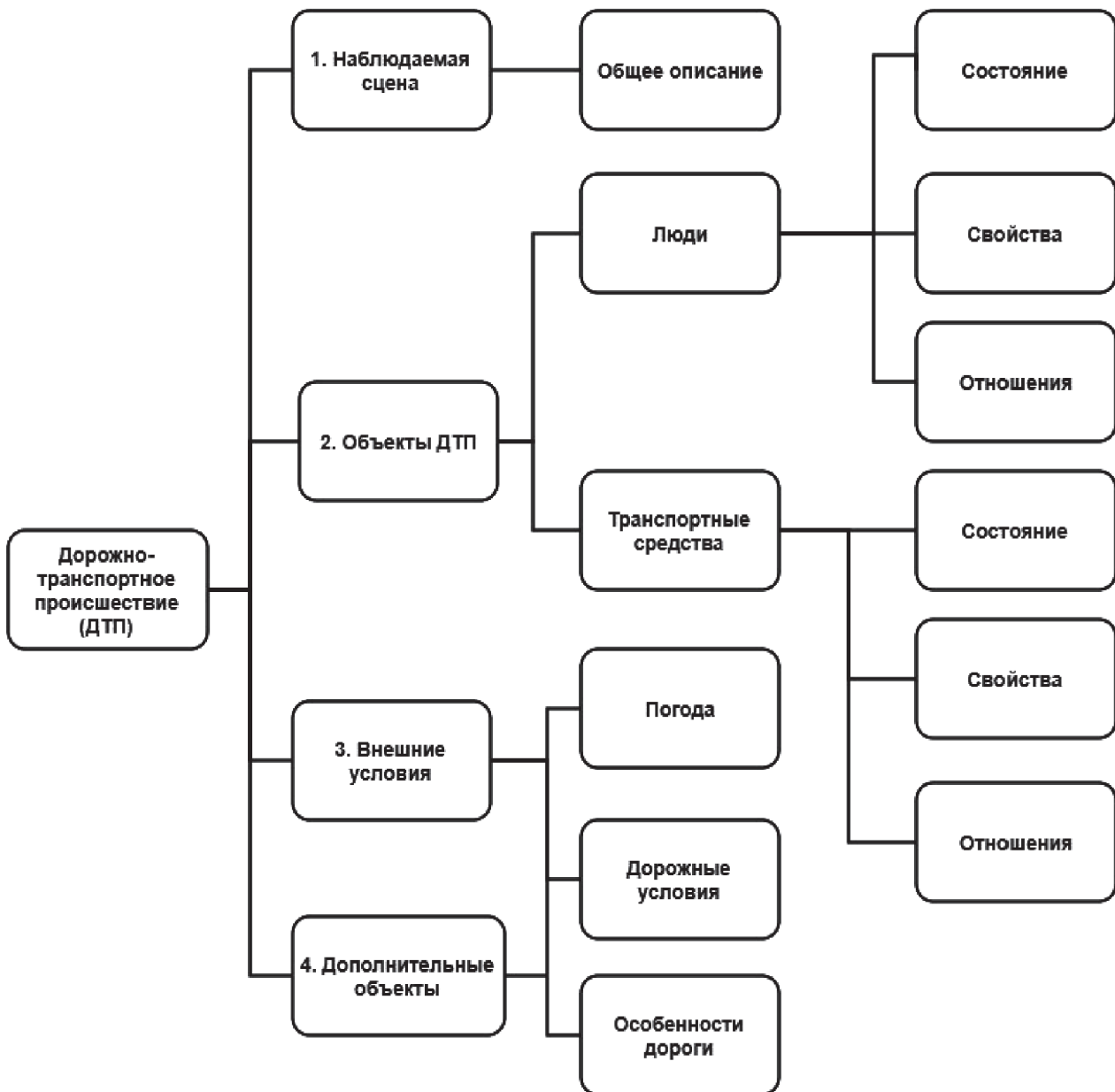


Рис. 2. Фрагмент онтологии

оружения, с которыми столкнулось транспортное средство, и т.д.

Класс «Внешние условия» (Class «External Condition») содержит информацию о внешних условиях, которые могут оказывать влияние на возникновение и развитие ДТП.

Подклассами данного класса могут быть, например, подклассы «Погода» (Weather), «Дорожные условия» («Road Conditionals»), «Особенности дороги» («Features of the Road») и др. В частности, в подклассе «Дорожные условия» могут быть представлены данные об освещенности данного участка дороги, интенсивности движения и пр., а в подклассе «Особенности дороги» указаны конструктивные особенности дороги, которые могут стать причиной ДТП.

Класс «Дополнительные объекты» (Class «Additional Objects») содержит описания объектов, которые могли повлиять на возникновение и развитие ДТП.

Представленная схема (рис. 2) определяет структуру описания любой наблюдаемой сцены, связанной с мониторингом дорожного движения.

Рассмотрим пример описания наблюдаемой сцены, представленной на рис. 3.

В соответствии с приведенной структурой сформируем описание ситуации. На рисунке отмечены некоторые объекты, участвующие в описании: трамвай «V(1)», автомобили «V(2)», «V(3)», «V(4)», группы людей «GP(1)», «GP(2)» и некоторые их свойства (тип объекта и состояние). Ниже представлен фрагмент описания наблюдаемой сцены в соответствии с предлагаемой структурой:

“Observed Scene”:

(FN(5777);TD(16-00);RN(3444);FD(7));

“Objects of TA”:

General Description: State: (SP(8)[^]SV(6)[^]R(1));

People: P(1): (State: PC(x:...; y:...); SP(0)[^]B(N)[^]...);

P(2): (State: PC(x:...; y:...); SP(0)[^]B(N)[^]...);...

Relations: GP(P(1) ^ P(2)): (B(N) ^St());

GP(P(3) ^ P(4) ^ P(5)): (B(N)[^]St());...

Vehicles: V(1): (State: VC(x:...; y:...); SV(7)[^]B(N)[^]D(R(1)));

V(2): (State: VC(x:...; y:...); SV(1)[^]B(Un) ^D(R(7))); ...

Relations: GV(V(1)[^]V(2)): (D(1)[^]L(0));..

“External Conditions”:

Weather: Wm; Road Conditions: (Dr; Visibility(3); ...);

Здесь

FN(...) – номер кадра (файла),

TD(...) – время,

RN(...) – номер наблюдаемого участка дороги;

FD(...) – направление на север (от центра изображения);

SP(...), SV(...), R(...) – количество объектов определенного класса (люди, транспортные средства, дорога соответственно);

St, W – состояние: “стоят”, “идут” соответственно;

B(...) – состояние: N – нормальное, Un – ненормальное, Vr – не определено;

GP(P(1)[^]P(2)), GV(V(1)[^]V(2)) – группы объектов, в скобках объекты, относящиеся к группе (один и тот же объект может относиться к нескольким группам);

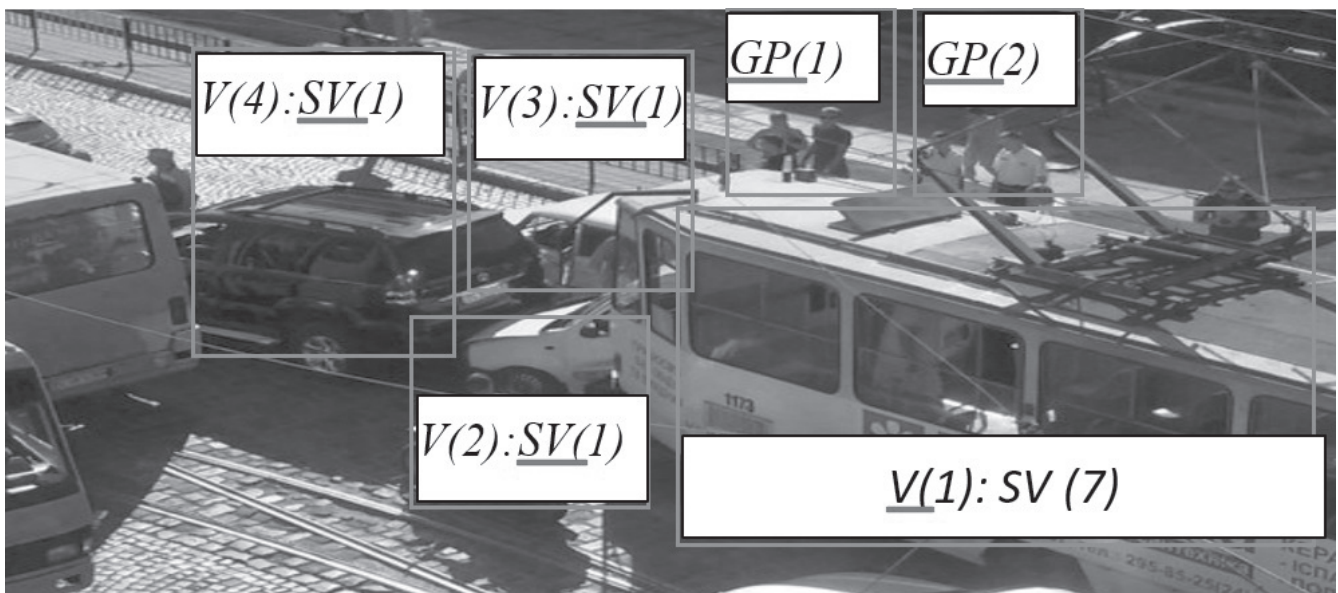


Рис. 3. Наблюдаемая сцена дорожно-транспортного происшествия

$D(...)$ – направление на объект (в восьмисвязной системе, например, 0,1,...),

$L(...)$ – расстояние до объекта;

$PC(x:...; y:...), VC(x:...; y:...)$ – координаты объектов;

$Weather$ – погодные условия, например, Wm – “тепло”;

$Road Conditions$ – дорожные условия, например, Dr – “сухо”, $Visibility(5)$ – видимость по 5-бальной шкале (0 – отсутствие видимости).

Представленный пример показывает, что предлагаемая форма описаний, которая относится к так называемым семантическим описаниям [10, 12], является достаточно универсальной и обеспечивает возможность построения описаний различных дорожно-транспортных ситуаций.

Алгоритм принятия решений о классе наблюдаемой сцены

Алгоритм включает следующие основные процедуры:

- 1) передачу сформированных описаний в блок анализа ситуаций;
- 2) выбор правил;
- 3) оценку достоверности правил;
- 4) принятие решения о классе ситуации.

Сформированные описания передаются в блок анализа ситуаций (analysis of the situation) (рис.1, блок 3).

Для решения поставленных задач – классификации ситуаций – будем использовать технологию продукционных систем (production system), основанную на продукционных правилах.

В блоке анализа ситуаций содержится база знаний, в которой хранится информация об условиях возникновения особых дорожных ситуаций. На вход блока поступает описание текущей сцены, а на выходе – вывод о наиболее достоверном классе ситуаций.

Так как некоторые элементы описания представляются в нечеткой форме (например, состояние объектов), для построения БЗ используются нечеткие системы, основанные на нечетких правилах вида

$$if \mu_{A_1} \cap \mu_{A_2} \dots \mu_{A_N} \text{ then } C = x_i, \quad (2)$$

где A_1, \dots, A_N – нечеткие утверждения (например, «поведение людей нормальное», «повреждения автомобилей не видны»); μ_{A_N} – достоверность нечеткого утверждения; C – вывод правила (например, вывод о возможном классе ситуации).

На основе имеющихся фактов, полученных из описания ситуации, определяются достоверности правил.

В таблице приведены примеры правил из БЗ.

Фрагмент БЗ классификации дорожной ситуации

А	В
ТС (автомобиль) находится неподвижно на проезжей части дороги, и далее дорога свободна	ДТП, класс ситуации x_2 или x_3 или x_4 или x_5
ТС стоят вплотную на проезжей части дороги	Класс ситуации x_1 , или x_2 , или x_3 , или x_4 , или x_5
Состояние ТС нормальное (нет видимых повреждений)	Класс ситуации x_1 , или x_2 , или x_3
Состояние ТС ненормальное (есть видимые повреждения)	Класс ситуации x_3 , или x_4 , или x_5
Два ТС стоят вплотную и перпендикулярно друг к другу	ДТП, класс ситуации x_4 или x_5
ДТП и одно из ТС повышенной опасности (трамвай)	Класс ситуации x_4 или x_5
Достоверности x_n и x_m близки и $m \geq n$	Класс ситуации x_m

Для простоты примем порядок последовательного (по возрастанию номеров) использования условий, совпадающих с имеющимися фактами.

Для удобства поиска соответствующих условий $A(...)$ в «Description of Observed Scene» они должны быть описаны по правилам описания наблюдаемой сцены. Например, пункт 5 из таблицы будет соответствовать

$$If (D(1) \wedge L(0)) \text{ then } x_4, x_5. \quad (3)$$

При этом для сцены на рис. 3 достоверности утверждений $D(1)$ и $L(0)$ примут соответственно значения «1» и «0.9». Достоверность правила принимается как минимальное значение достоверностей, входящих в правило нечетких утверждений. Таким образом, достоверность правила 5 будет «0.9».

Достоверность класса ситуации рассчитывается как сумма достоверностей правил, относящихся к этому классу:

$$p_{xi} = \sum_{l=1}^L \min(\mu_{A_1}, \mu_{A_2}, \dots, \mu_{A_N}), \quad (4)$$

где p_{xi} — достоверность i -го класса; L — количество правил, относящихся к i -му классу.

На рассматриваемой сцене присутствуют четыре ТС, стоящих вплотную (достоверность правила 2 равна 1). Среди них два ТС ($V(1)^V(2)$) расположены перпендикулярно друг к другу (достоверность правила 5 равна 0.9). Одно из ТС, участвующих в ДТП, повышенной опасности — трамвай (достоверность правила 6 равна 0.9). Таким образом, текущая ситуация с наибольшей достоверностью относится к классу x_4 (с существенными материальными потерями) или x_5 (с пострадавшими).

Достоверности полученных исходов одинаковы. В этом случае для принятия окончательного решения можно использовать правило 7, т.е. выбрать наилучший вариант. Класс текущей ситуации — x_5 .

Выводы

1. Показано, что автоматизация классификации дорожных ситуаций с помощью БПЛА может повысить эффективность контроля дорожного движения.

2. Основу автоматической классификации составляют процедуры формирования описаний и принятия решений.

3. В работе представлены варианты реализации указанных процедур и примеры их применения. Предлагаемые решения могут быть использованы в реальных системах мониторинга дорожного движения.

Библиографический список

1. Karasulu B. Review and Evaluation of well-known Methods for Moving Object Detection and Tracking in videos // Journal of Aeronautics and Space Technologies. July, 2010. Vol. 4. No. 4, pp. 11-22.
2. Ким Н.В., Кузнецов А.Г., Крылов И.Г. Применение систем технического зрения на беспилотных летательных аппаратах в задачах ориентации на местности // Вестник Московского авиационного института. 2010. Т. 17. № 3. С. 42-49.
3. Боковой А.В. Метод решения задачи одновременного картирования и локализации по видеопотоку и данным инерциальной навигационной системы для малых БПЛА // IV Всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта» (БТС-ИИ-2017): Сб. докл. — Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет. С. 36-46.
4. Буйвал А.К., Гавриленков М.А. Реализация алгоритма визуальной локализации беспилотного летательного аппарата на основе известной 3D модели окружения с использованием CNN-сегментации // IV Всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами» (БТС-ИИ-2017): Сб. докл. — Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет. С. 14-25.

5. Lin Feng, Lum Kai-Yew, Chen Ben M., Lee Tong H. Development of a vision-based ground target detection and tracking system for a small unmanned helicopter // Science in China Series F: Information Sciences. 2009. Vol. 52, pp. 2201-2215. DOI: 10.1007/s11432-009-0187-5
6. Lin Yuping, Yu Qian, Medioni Gerard. Efficient detection and tracking of moving objects in geo-coordinates // Machine Vision & Applications. 2011. Vol. 22. No. 3, pp. 505-520.
7. Qadir Ashraf, Semke William, Neubert Jeremiah. Implementation of an Onboard Visual Tracking System with Small Unmanned Aerial Vehicle (UAV) // International Journal of Innovative Technology & Creative Engineering. 2011. Vol. 1. No. 10, 9 p.
8. Fan Jialue, Wu Ying, and Dai Shengyang. Discriminative Spatial Attention for Robust Tracking // 11th European Conference on Computer Vision (ECCV), 2010. Vol. 6311 LNCS, pp. 480-493. DOI: 10.1007/978-3-642-15549-9_35
9. Тихонов К.М., Тишков В.В. Разработка модели программного корректируемого сопровождения наземной цели с учетом возможностей человека-оператора // Вестник Московского авиационного института. 2011. Т. 18. № 6. С. 68-77.
10. Li Liang, Jiang Shuqiang, Huang Qingming. Learning Hierarchical Semantic Description Via Mixed-Norm Regularization for Image Understanding // IEEE Transactions on Multimedia. 2012. Vol. 14. Issue 5, pp. 1401-1413. DOI: 10.1109/TMM.2012.2194993
11. Yan Xu, Wu Xuqing, Kakadiaris Ioannis A., Shah Shishir K. To Track or To Detect? An Ensemble Framework for Optimal Selection // 12th European Conference on Computer Vision (ECCV), Florence, Italy, October 7-13, 2012, Proceedings. Part V, pp. 594-607. DOI: 10.1007/978-3-642-33715-4_43
12. Kim N., Chervonenkis M. Situational control of unmanned aerial vehicles for road traffic monitoring // Modern Applied Science. 2015. Vol. 9. No. 5 Special Issue, 13 p. DOI: 10.5539/mas.v9n5p1
13. Matas J., Chum O., Urban M., Pajdla T. Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions // Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC), 2002, pp. 384-393. DOI: 10.1016/j.imavis.2004.02.006
14. Lienhart R. and Maydt J. An extended set of Haar-like features for rapid object detection // Proceedings. International Conference on Image Proceeding. 2002. Vol. 1, pp. 900-903. DOI: 10.1109/ICIP.2002.1038171
15. Farneback G. Very high accuracy velocity estimation using orientation tensors, parametric motion, and simultaneous segmentation of the motion field // Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision. Vancouver, Canada. 2001. Vol. I, pp. 171-177. DOI: 10.1109/ICCV.2001.937514
16. Вазаев А.В., Носков В.П. Комплексированная СТЗ мобильного робота // VII научно-техническая конференция «Техническое зрение в системах управления-2016»: Тезисы. — М.: ИКИ РАН, 2016. С. 11-12.

17. Forsyth D.A., Ponce Jean. Computer Vision: a Modern Approach. — Pearson Education, Prentice Hall, 2012. — 793 p.
18. Jahne B. Digital Image Processing. — Springer, 2005. — 654 p.
19. Turmer S., Leitloff J., Reinartz P., Stilla U. Evaluation of selected features for car detection in aerial images // ISPRS Hannover Workshop. 2011. Vol. 14, pp. 341-346.
20. Kim N., Bodunkov N. Computer Vision in Advanced Control Systems: Innovations in Practice. / Editors M. Favorskaya, L.C. Jain. — Springer, 2014. Vol. 2. — 295 p.
21. Lucas B.D., Kanade T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision // Proceedings of Imaging Understanding Workshop. 1981, pp. 121-130.
22. Zhang J., Liu L., Wang B., Chen X., Wang Q., Zheng T. High speed automatic power line detection and tracking for a UAV-based inspection // International Conference on Industrial Control and Electronics Engineering (ICICEE), Xi'an, China. 2012, pp. 266-269. DOI: 10.1109/ICICEE.2012.77
23. Kelly Alonzo. A 3D state space formulation of a navigation Kalman filter for autonomous vehicles // Carnegie Mellon University. Technical Report CMU-RI-TR-94-19-REV 2.0. 1994, 105 p.
24. Zhong S., Ghosh J. A unified framework for model-based clustering // Journal of Machine Learning Research. 2003. Vol. 4, pp. 1001-1037.

AUTOMATED DECISION MAKING BY THE ONBOARD UNMANNED AERIAL VEHICLE SYSTEM WHILE ROAD TRAFFIC MONITORING

Kim N.V.* , Bodunkov N.E. , Mikhailov N.A.*****

*Moscow Aviation Institute (National Research University),
MAI, 4, Volokolamskoe shosse, Moscow, A-80, GSP-3, 125993, Russia*

* e-mail: nkim2011@list.ru

** e-mail: boduncov63@yandex.ru

*** e-mail: mikhailov.mai@gmail.com

Abstract

The article presents the developed method for efficiency increase of the operator, performing traffic surveillance by an unmanned aerial vehicle (UAV) with the built-in computer vision system. Analyzing video information, received via the radio channel in real time mode by the human-controlled point, is associated with errors in decision-making. These errors are stipulated by the vast volume of information, which overburdens the operator, and, as a rule, by the so-called human factor. Productivity of such system can be increased significantly through addition of autonomous road situation estimation system. The UAVs equipped with surveillance systems, such as video cameras, receive images onboard (video sequences), and are able to extract from them the objects of interest: roads and transport means.

Estimation and analysis in this article are ensured by the road incidents consequences severity classification. The work employs the classification consisted of five classes. Each situation class is described by attributes' dictionary, which separates the attribute space into non-crossing areas, corresponding to the selected classes.

In addition, the article describes the developed hierarchical structure of "Description of the Scene Being Surveyed". This structure relates to the so-called semantic descriptions, is rather universal, and ensures the possibility to describe various road traffic situations.

The article presents the technique for traffic situations classification over the images. It demonstrates the example of the situation classification based on the real image of the road accident.

Keywords: situations classification based on the semantic descriptions, of computer vision system of autonomous drone, traffic situation attributes recognition.

References

1. Karasulu B. Review and Evaluation of well-known Methods for Moving Object Detection and Tracking in videos. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, July, 2010, vol. 4, no. 4, pp. 11-22.
2. Kim N.V., Kuznetsov A.G., Krylov I.G. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2010, vol. 17. no. 3, pp. 42-49.
3. Bokovoi A.V. *Materialy IV Vserossiiskogo nauchno-prakticheskogo seminar "Bespilotnye transportnye sredstva*

- s elementami iskusstvennogo intellekta” (BTS-II-2017). Kazanskii (Privolzhskii) federal’nyi universitet, pp. 36-46.
4. Buival A.K., Gavrilencov M.A. *Materialy IV Vserossiiskogo nauchno-prakticheskogo seminara “Bespilotnye transportnye sredstva s elementami iskusstvennogo intellekta” (BTS-II-2017)*. Kazanskii (Privolzhskii) federal’nyi universitet, pp. 14-25.
 5. Lin Feng, Lum Kai-Yew, Chen Ben M., Lee Tong H. Development of a vision-based ground target detection and tracking system for a small unmanned helicopter. *Science in China Series F: Information Sciences*, 2009, vol. 52, pp. 2201-2215. DOI: 10.1007/s11432-009-0187-5
 6. Lin Yuping, Yu Qian, Medioni Gйrard. Efficient detection and tracking of moving objects in geo-coordinates. *Machine Vision & Applications*, 2011, vol. 22, no. 3, pp. 505–520.
 7. Qadir Ashraf, Semke William, Neubert Jeremiah. Implementation of an Onboard Visual Tracking System with Small Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *International Journal of Innovative Technology & Creative Engineering*, 2011, vol. 1, no. 10, 9 p.
 8. Fan Jialue, Wu Ying, and Dai Shengyang. Discriminative Spatial Attention for Robust Tracking. *11th European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 2010, vol. 6311 LNCS, pp. 480-493. DOI: 10.1007/978-3-642-15549-9_35
 9. Tikhonov K.M., Tishkov V.V. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2011, vol. 18, no. 6, pp. 68-77.
 10. Li Liang, Jiang Shuqiang, Huang Qingming. Learning Hierarchical Semantic Description Via Mixed-Norm Regularization for Image Understanding. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2012, vol. 14, issue 5, pp. 1401–1413. DOI: 10.1109/TMM.2012.2194993
 11. Yan Xu, Wu Xuqing, Kakadiaris Ioannis A., Shah Shishir K. To Track or To Detect? An Ensemble Framework for Optimal Selection. *12th European Conference on Computer Vision (ECCV), Florence, Italy, October 7-13, 2012, Proceedings. Part V*, pp. 594-607. DOI: 10.1007/978-3-642-33715-4_43
 12. Kim N., Chervonenkis M. Situational control of unmanned aerial vehicles for road traffic monitoring. *Modern Applied Science*, 2015, vol. 9, no. 5 Special Issue, 13 p. DOI: 10.5539/mas.v9n5p1
 13. Matas J., Chum O., Urban M., Pajdla T. Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions. *Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC)*, 2002, pp. 384-393. DOI: 10.1016/j.imavis.2004.02.006
 14. Lienhart R. and Maydt J. An extended set of Haar-like features for rapid object detection. *Proceedings. International Conference on Image Proceeding*, 2002, vol. 1, pp. 900-903. DOI: 10.1109/ICIP.2002.1038171
 15. Farnебдск G. Very high accuracy velocity estimation using orientation tensors, parametric motion, and simultaneous segmentation of the motion field. *Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision*. Vancouver, Canada, 2001, vol. I, pp. 171-177. DOI: 10.1109/ICCV.2001.937514
 16. Vazaev A.V., Noskov V.P. *Materialy VII nauchno-tekhnicheskoi konferentsii “Tekhnicheskoe zrenie v sistemakh upravleniya-2016”*, Moscow, IKI RAN, 2016, pp. 11-12.
 17. Forsyth D.A., Ponce Jean. *Computer Vision: a Modern Approach*. Pearson Education, Prentice Hall, 2012, 793 p.
 18. Дһне В. *Digital Image Processing*, Springer, 2005, 654 p.
 19. Търmer S., Leitloff J., Reinartz P., Stilla U. Evaluation of selected features for car detection in aerial images. *ISPRS Hannover Workshop*, 2011, vol. 14, pp. 341-346.
 20. Kim N., Bodunkov N. *Computer Vision in Advanced Control Systems: Innovations in Practice*. Editors M. Favorskaya, L.C. Jain. Springer, 2014, vol. 2 – 295 p.
 21. Lucas B.D., Kanade T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision. *Proceedings of Imaging Understanding Workshop*, 1981, pp. 121-130.
 22. Zhang J., Liu L., Wang B., Chen X., Wang Q., Zheng T. High speed automatic power line detection and tracking for a UAV-based inspection. *International Conference on Industrial Control and Electronics Engineering (ICICEE)*, Xi’an, China, 2012, pp. 266-269.
 23. Kelly Alonzo. A 3D state space formulation of a navigation Kalman filter for autonomous vehicles. *Carnegie Mellon University. Technical Report CMU-RI-TR-94-19-REV 2.0*, 1994, 105 p.
 24. Zhong S., Ghosh J. A unified framework for model-based clustering. *Journal of Machine Learning Research*, 2003, vol. 4, pp. 1001-1037.