

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

П.А. Степанов (Государственный Университет аэрокосмического приборостроения)

Для мониторинга и визуализации неисправностей дорожной инфраструктуры предлагается использовать подход на основе мнемосхем и вычислительных моделей. Данный подход позволяет объединить знания о том, как оценивается исправность инфраструктуры и как она визуализируется в единую модель. В соответствии с предложенным подходом общие модели могут быть легко построены из моделей отдельных элементов. При наличии большого числа типовых узлов построение общей модели упрощается.

Ключевые слова: вычислительная модель, мнемосхема, контроль технического состояния, визуализация, семантическая сеть.

Введение

Одной из наиболее активно развивающихся областей информатизации является применение искусственного интеллекта к управлению транспортными средствами. В различных странах научными группами и коммерческими компаниями ведутся разработки в области автоматического управления автомобилями, грузовиками и поездами. Внедрение подобных технологий в область перевозок позволило бы упростить и ускорить логистику и обслуживание средств передвижения, а также увеличить надежность, в том числе за счет исключения ограничений и рисков, связанных с человеческим фактором — робот может не устать, его поведение не зависит от настроения, самочувствия и других слабо контролируемых факторов.

С другой стороны, данная область связана с высокими рисками для здоровья и жизни людей, и уже зафиксированы не только значительные успехи в создании автоматически управляемых транспортных средств, но и первые случаи, повлекшие за собой человеческие жертвы. На момент написания этой статьи такие случаи были связаны в первую очередь с несовершенством систем компьютерного зрения и являлись единичными. Но следует иметь в виду, что при полной передаче контроля над движением автоматики на первый план выходит контроль ее технического состояния, так как неисправные системы, в которых отсутствует возможность немедленного человеческого вмешательства, могут привести к катастрофам с большим числом жертв. Таким образом, важной задачей является обеспечение возможности быстро найти неисправность какого-либо блока или агрегата, участвующего в управлении движением.

Разработка такой системы приводит к необходимости решения практической задачи — создание модели, описывающей состояние объекта, и ее соединение с графическим представлением этого состояния для оператора. В данной статье предлагается способ создания модели, которая может описать как алгоритмы оценки корректности технического состояния объекта, так и его графическое представление.

Транспортная система как программно-аппаратное средство

На текущий момент можно отметить несколько основных способов организации автоматического

управления движением. Во-первых, это централизованное управление, предполагающее одновременный контроль центральным компьютером за транспортными средствами и дорожной инфраструктурой. Такое управление удобно применять для систем, в которых необходимо знать одновременно состояние большого числа объектов, например, железных дорог. Во-вторых, это полностью автономные средства передвижения, каждое из которых самостоятельно контролирует дорожную обстановку и передвигается по картам, предоставляемым геоинформационными сервисами. Такой вид управления используется, прежде всего, для автомобилей. Эти два вида управления могут объединяться в гибридный вид управления, когда часть задач решается транспортным средством самостоятельно, а часть — под контролем центрального компьютера. Например, при управлении грузоперевозками транспортное средство самостоятельно находит путь от склада до склада, однако грузопотоками управляет центральный компьютер [1]. Наконец, можно отметить третий подход, интенсивно развивающийся в данный момент и основанный на концепции Internet вещей, при котором роботы — участники движения объединяются в некоторую локальную сеть и обмениваются информацией и управляющими сигналами с соседями [2]. Все указанные подходы ставят перед инженерами новые, ранее не встречавшиеся задачи по управлению движением, такие как защита от атак хакеров или обеспечение пропускной способности каналов связи, используемых автоматически управляемыми транспортными средствами.

Для всех описанных выше видов управления важным вопросом является достоверность информации, которую получают системы управления о дорожной обстановке. В современных системах принятия решений на основе компьютерного зрения заранее заложена обработка получения недостоверной информации о ситуации, равно как и непрохождения команды управления от компьютера к механике транспортного средства. Однако еще одна возможность получения ошибочных данных рассматривается достаточно редко, а именно неверное состояние дорожной инфраструктуры. В качестве примера можно привести светофор, со всех сторон которого горит зеленый свет. В данной ситуации человек имеет шанс понять, что его сигнал является некорректным, автоматика же

может корректно отреагировать на ситуацию только, если в нее такая возможность была заложена. Кроме того, существует возможность автоматического обнаружения неисправностей дорожного полотна, о чем тоже следует немедленно информировать [3, 4]. Таким образом, система имеет признаки информационной системы, от которой требуется высокая надежность (то есть способность длительной безотказной работы и минимизации времени, когда система неисправна). В такой ситуации одной из важнейших задач является мониторинг технического состояния системы, то есть обеспечение технической возможности дать оператору, контролирующему исправность системы, быстро понять, что какая-то ее часть отказала, и оперативно отреагировать на ситуацию.

Применение вычислительных моделей для представления знаний

При построении системы мониторинга сложного хозяйственно-технического объекта, такого как дорожная инфраструктура, обычно рассматривают метрики и критерии, относящиеся к ее элементарным частям, а также интегральные метрики и критерии, описывающие более общие полсистемы, собранные из элементарных частей, вплоть до интегральной метрики или критерия для всего объекта. Возвращаясь к примеру со светофором, можно рассматривать элементарный критерий корректности работы светофора — его сигналы не противоречат друг другу, то есть не горят одновременно зеленый и красный. На основе критериев работы всех светофоров на перекрестке можно построить интегральный критерий корректности регулирования самого перекрестка; совокупность критериев регулирования перекрестков на автостраде может быть собрана в интегральный критерий корректности регулирования этой автострады и т. п. При выполнении задачи мониторинга оператор наблюдает интегральные метрики и критерии и при возникновении сигнала об ошибке начинает исследовать метрики подсистем до тех пор, пока источник ошибки не будет локализован.

Необходимо отметить, что существует и другой подход к реализации систем мониторинга, основанный на событиях. При этом подходе в случае возникновения неисправности в компоненте системы связанная с ним система мониторинга выдает на консоль оператора событие. Таким образом, при неисправности системы оператор видит перечень сообщений о критических ситуациях, возникших в разных частях системы. Данный подход сравнительно более сложен для анализа, так как не дает оператору представления о том, как поступающие на консоль мониторинга события могут быть связаны и в данной статье не рассматривается.

Определение корректности состояния с помощью вычислительных моделей

Для описания знаний о том, находится ли система в корректном состоянии, удобно использовать вычис-

лительную модель Тыгу [5]. Эта модель представляет собой формализованную семантическую сеть, в узлах которой находятся атрибуты (переменные) и связывающие их формулы. Таким образом, по модели Тыгу становится возможным отвечать на вопросы вида “можно ли вычислить значение атрибута по набору значений других атрибутов”, а также определить для этого оптимальный путь. Возвращаясь к примеру со светофором, можно считать, что тривиальный светофор состоит из трех элементов — фонарей красного, желтого и зеленого цвета, включающихся попеременно. (Реальные светофоры могут состоять из значительно большего числа фонарей, но принципиально на подход это не влияет).

Пусть система мониторинга содержит три датчика — красного, желтого и зеленого цвета, каждый из которых имеет на выходе значение 1 (включен) или 0 (выключен). Эти значения могут передаваться в модель через атрибуты r (красный), y (желтый) и g (зеленый). На основании значений этих переменных можно построить функцию определения состояния F и функцию оценки корректности G :

$$F(r, y, g) = \begin{cases} 1, r = 1, y = 0, g = 0; \\ 2, r = 1, y = 1, g = 0; \\ 3, r = 0, y = 1, g = 0; \\ 4, r = 0, y = 0, g = 1; \\ 0 \text{ в остальных случаях.} \end{cases} \quad (1)$$

$$G(s, s') = \begin{cases} 1, s = 2, s' = 1; \\ 1, s = 4, s' = 2; \\ 1, s = 3, s' = 4; \\ 1, s = 1, s' = 3; \\ 1, s' = 0; \\ 0 \text{ в остальных случаях.} \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, можно построить модель, изображенную на рис. 1.

На данном рисунке представлена модель, у которой есть три входных атрибута — состояния трех индикаторов и два вычисляемых атрибута, представляющие текущее и предыдущее состояния светофора в целом (принимают значения из множества “красный”, “желтый”, “зеленый”, “красный и желтый”, “выключен” и “некорректное состояние”). На основании этих двух интегральных состояний можно рассчитать критерий оценки корректности работы светофора.

Важным преимуществом подобного подхода является возможность создания более крупных метрик и критериев на основе более мелких. Предположим, что имеется обычный крестообразный перекресток, с каждой стороны которого стоят по простому светофору. Введем дополнительную функцию K , описывающую совместимость состояний соседних светофоров и возвращающую 1, если они совместимы и 0 в противном случае:

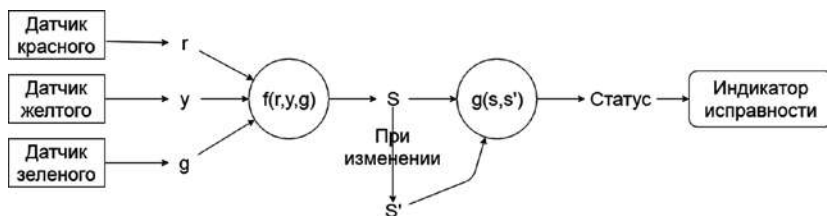


Рис. 1. Модель, описывающая мониторинг состояния простого светофора
 Переменные r , y и g описывают выходы датчиков красного, желтого и зеленого соответственно и принимают значения 0 (не горит) или 1 (горит); переменная s представляет вычисленное функцией (1) состояние светофора и принимает значения от 0 до 4. Переменная s' представляет предыдущее состояние светофора, и перезаписывается при изменении значения s . Переменная Статус представляет оценку корректности работы светофора, вычисленную функцией (2) и принимает значение 1 (исправен) или 0 (неисправен). Индикатор исправности предназначен для демонстрации этой оценки оператору

$$K(s_1, s_2) = \begin{cases} 1, s_1 = 1, s_2 = 4; \\ 1, s_1 = 4, s_2 = 1; \\ 1, s_1 = 2, s_2 = 3; \\ 1, s_1 = 3, s_2 = 2; \\ 0 \text{ в остальных случаях} \end{cases} \quad (3)$$

Теперь можно объединить четыре модели, описывающие светофоры с разных сторон перекрестка, в одну, описывающую уже корректность работы самого перекрестка (рис. 2).

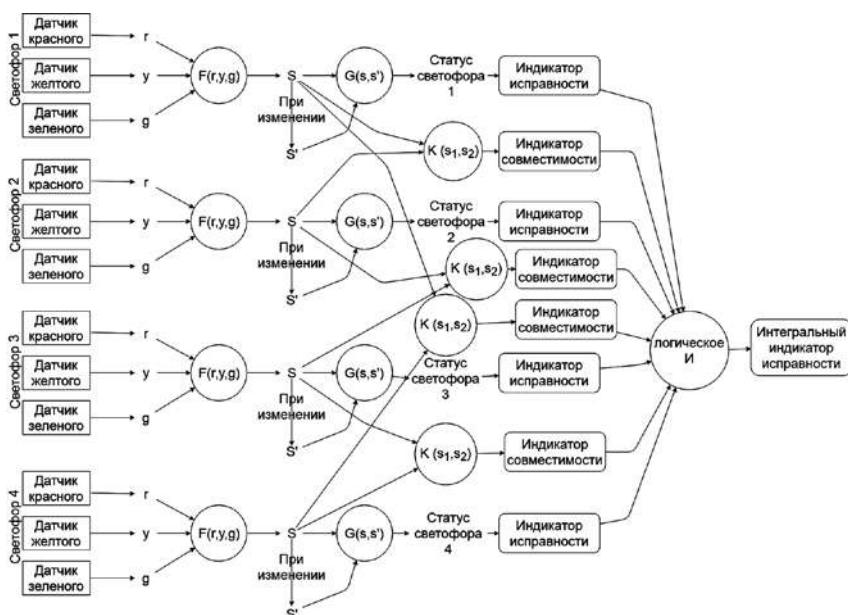


Рис. 2. Модель, описывающая проверку состояния простого перекрестка.
 Модель перекрестка представляет собой четыре модели светофора, объединенные в одну и расширенные четырьмя индикаторами совместимости, вычисляемыми по формуле (3) и представляющими информацию о том, что на соседних светофорах горят совместимые сигналы (красный и зеленый либо красный+желтый и желтый). Индикаторы совместимости пар светофоров и индикаторы исправности отдельных светофоров объединены с помощью логического И в интегральную метрику оценки корректности работы всего перекрестка

Используя вышеуказанный подход, можно описать состояние перекрестка любой сложности — со стрелками направо и налево, дополнительными светофорами для пешеходов и пр. Более того, так как из элементарных вычислительных моделей могут строиться все более и более сложные, с помощью описанного подхода могут строиться модели, описывающие состояние сложного хозяйственно — технического объекта, такого как дорожная инфраструктура района или города.

Описание графического представления состояния системы вычислительной моделью

В ряде предыдущих работ [6–9] было показано, что вычислительная модель может быть использована не только для непосредственного анализа поступающей информации и определения корректности состояния мониторируемой системы, но и для отображения этой информации. Это может быть достигнуто путем представления мнемосхемы как совокупности графических объектов, параметры которых (текст, цвет и другие) связаны с атрибутами вычислительной модели. Рассмотрим следующий пример. На рис. 3 изображена мнемосхема, описывающая перекресток с четырьмя светофорами.

Можно видеть, что эта мнемосхема делится на элементарные графические компоненты (графические примитивы), такие как линии и окружности. Практическое применение подхода показывает, что удобнее использовать словарь более крупных графических примитивов, которые могут реализовывать и другие средства мультимедиа, такие как звук. Каждый из этих графических примитивов может быть изображен на основании значения его атрибутов — координат, цвета, параметров заполнения фона и др. Таким образом, можно расширить вычислительную модель, использующуюся для контроля технического состояния, за счет добавления в нее атрибутов графических примитивов. Возвращаясь к примеру, изображенному на рис. 2, можно реализовать изменение цвета элементов этой мнемосхемы на основе индикаторов исправности и совместимости и, таким образом, быстро дать понять оператору где именно имеет место неисправность и как имеющиеся неисправности могут быть связаны.

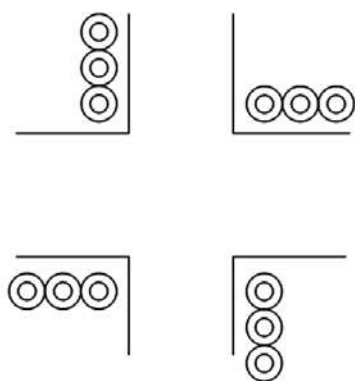


Рис. 3. Мнемосхема перекрестка

Это также потенциально позволяет отображать вычисленные критерии и метрики непосредственно на мнемосхеме, используя, в том числе такие выразительные средства, как цвет и звук. То есть в случае возникновения нештатной ситуации мнемосхема может не только отобразить неправильно функционирующий узел красным цветом, но и оповестить оператора звуковым сигналом.

Заключение

Трудно переоценить значимость решения задачи своевременного обнаружения неисправности в системах, функционирующих на основе искусственного интеллекта, по крайней мере, до тех пор, пока искусственный интеллект не научится самостоятельно определять нештатные ситуации, которым его не обучали. Потенциальная возможность серьезных катастроф с человеческими жертвами обуславливает актуальность задачи быстрой и эффективной разработки системы мониторинга движения.

Предлагаемый в статье подход заключается в описании вычислительными моделями элементарных частей мониторируемых объектов и последующего соединения моделей в более общие. Этот подход обладает двумя преимуществами. Во-первых, он позволяет выполнить анализ и отобразить информацию в виде единой модели. Во-вторых, системы мониторинга сложных объектов могут в значительной степени собираться из типовых подсистем, что позволяет строить из них сложные модели как из кирпичиков. Большая часть оцениваемых объектов, со-

Степанов Павел Алексеевич – старший преподаватель кафедры компьютерных технологий и программной инженерии Государственного Университета аэрокосмического приборостроения.
E-mail: wildpierre@gmail.com

Новейшая тангенциальная накатная головка EVOLine от LMT Fette

Международный концерн LMT представит на выставке «Металлообработка-2018» свою новинку – резьбонакатную тангенциальную головку серии EVOLine. Резьбонакатная тангенциальная головка EVOLine отличается инновационным дизайном и непревзойденными характеристиками: точностью резьбы, простотой в настройке диаметра накатки с шагом 0,01 мм. Благодаря модульной конструкции серия EVOLine отличается исключительной легкостью применения и обслуживания.

Новая тангенциальная головка разработана для накатки с лицевой и обратной стороны буртика заготовки. Данные места труднодоступны и обрабатываются за несколько установов. Также конструкция головки позволяет формировать очень короткие резьбы с максимально коротким сбегом резьбы.

Процесс накатки резьбы занимает доли секунды, что значительно сокращает время обработки детали по сравнению с нарезанием резьбы. Благодаря тому, что процесс накатывания проходит за счет пластической деформации без образования стружки, на профиле не образуются следы вибрации и острые точки выхода, наиболее подверженные напряжению. При накатке обеспечивается гладкая, обработанная поверхность резьбы с шероховатостью Rz 0,7...1,6 мкм и минимальными неровностями в местах концентрации напряжений, что предотвращает образование усталостных дефектов.

С помощью накатных головок LMT-Fette могут обрабатываться практически все типы существующих резьб, включая конические. Резьбонакатные головки могут применяться на токарных станках, станках-автоматах и станках с ЧПУ.

[Http://www.metobr-expo.ru](http://www.metobr-expo.ru)

Перекресток - это всегда к размышлениям и к выбору.

В. Груценко

ставляющих дорожную инфраструктуру, являются типовыми (перекрестки, дорожное полотно, переезды, другая дорожная инфраструктура), поэтому при условии создания словаря подсистем, описывающих эти объекты, трудозатраты на разработку системы мониторинга для каждого конкретного случая будут существенно снижены.

Список литературы

1. Alsarhan A., Al-Dubai A. Y., Min G., Zomaya A. Y., Bsoul M. // A New Spectrum Management Scheme for Road Safety in Smart Cities // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (Volume: PP, Issue: 99). IEEE. 2018.
2. Ligo A. K., Peha J.M. Cost-Effectiveness of Sharing Roadside Infrastructure for Internet of Vehicles // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (Volume: PP, Issue: 99). IEEE. 2018.
3. Lee J.-K., Yoon K. - J. Temporally Consistent Road Surface Profile Estimation Using Stereo Vision // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (Volume: PP, Issue: 99). IEEE. 2018.
4. Wang L., Luo X., Horn B. K. P., Wang S., Luo S. Detect the rail track flaw by estimating the camera shaking // 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2014.
5. Тыгуз Э. Х. Концептуальное программирование. Москва: Наука, 1984.
6. Степанов П.А., Охтилев М.Ю. Эффективная разработка мнемосхем при контроле технического состояния ракетно-космической техники // Тр. конференции 19-я международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». ИПУСС РАН. Самара. 2017.
7. Степанов П.А. Реализация пользовательского интерфейса редактора диаграмм средствами вычислительных моделей // Тр. 20-й научной сессии ГУАП. ГУАП. С.-Петербург. 2017. С.297-300.
8. Степанов П.А. Построение визуальных средств анализа телеметрической информации при оценивании технического состояния космических средств с использованием вычислительных моделей [Электронный ресурс] // Тр. VIII всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017). СПб. Изд-во ВВМ. 2017. С. 294-298.
9. Степанов П.А., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В. Визуализация состояния сложных технических объектов с помощью вычислительных моделей // Информационно-управляющие системы. 2017. № 6. С. 132-135.