

МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА НА МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ**П. В. Тытюк, И. В. Шевченко**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: ius.shevchenko@gmail.com

Сформирована концептуальная онтологическая модель проблемной области функционирования международного грузового автотранспорта, дающая возможность структурировать поступающие данные с целью определения проблемных ситуаций и проблемных зон. Сформировано математическое описание транспортного флота как динамической системы на основе конечно-автоматной модели. Это позволяет единообразно описать все множество свойств и состояний всех транспортных средств флота. Разработан усовершенствованный метод мониторинга функционирования транспорта, отличающийся возможностью выявления и классификации проблемных зон и ситуаций на маршрутах за счет использования комплекса структурированных географических и динамических данных. Реализация моделей и метода мониторинга позволяет пользователю не только получить целостную статистическую картину событий на маршрутах, но и, по мере накопления данных о проблемных ситуациях и соответствующих географических зонах, сконцентрировать свое внимание на таких зонах и по возможности упреждать возникновение проблемных ситуаций, принимая адекватные решения. Тем самым снижается уровень неопределенности при планировании перевозок и прокладке маршрутов в регионах.

Ключевые слова: международные автоперевозки, проблемные ситуации, проблемные зоны, онтология, концептуальная модель, метод мониторинга.

МОНИТОРИНГ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТУ НА МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**П. В. Титюк, І. В. Шевченко**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ius.shevchenko@gmail.com

Для менеджерів транспортної фірми недостатньо відомостей про поточне місцезнаходження та швидкості машини. Набагато важливішим є виявлення, класифікація і попередження проблем, які виникають в процесі транспортування. Окрім того, різні географічні зони, через які пролягають маршрути перевезень, характеризуються своїми особливостями. Це прикордонний і митний контроль, кримінальні випадки, стихійні лиха і т.п. Іноді просте недотримання тимчасового режиму приїзду до прикордонного пункту призводить до добової затримки машини. Тому завдання контролю режиму руху автомобіля переростає в завдання створення засобів і технологій виявлення проблемних ситуацій та зон. Вирішення цього завдання буде сприяти зниженню рівня невизначеності при плануванні і регулюванні перевезень. Сформовано концептуальну онтологічну модель проблемної області функціонування міжнародного вантажного автотранспорту. Модель дає можливість структурувати дані, що надходять для визначення проблемних ситуацій і проблемних зон. Сформовано математичний опис транспортного флоту як динамічної системи на основі кінцево-автоматної моделі. Це дозволяє одноманітно описати всю безліч властивостей і станів усіх транспортних засобів. Розроблено вдосконалений метод моніторингу функціонування транспорту, що відрізняється можливістю виявлення і класифікації проблемних зон і ситуацій на маршрутах за рахунок використання комплексу структурованих географічних і динамічних даних. Реалізація моделей і методу моніторингу дозволяє користувачеві отримати цілісну статистичну картину подій на маршрутах. У міру накопичення даних про проблемні ситуації і відповідні зони менеджер може сконцентрувати увагу на таких зонах і, за можливості, упереджувати виникнення проблемних ситуацій, приймаючи адекватні рішення. Тим самим знижується рівень невизначеності при плануванні перевезень і прокладання маршрутів у регіонах.

Ключові слова: міжнародні автоперевезення, проблемні ситуації, проблемні зони, онтологія, концептуальна модель, метод моніторингу.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Современный этап развития транспорта в целом и автотранспортных перевозок в частности характеризуется, во-первых, тем, что транспортные системы часто имеют большую размерность, при которой менеджмент перевозок представляет трудности с точки зрения планирования [1]. С другой стороны, управление в транспортных системах большой размерности затруднено тем, что при большом количестве транспорта и маршрутов возрастает степень неопределенности и даже неосведомленности руководства о ситуации с каждой отдельной машиной, которая зачастую транспортирует важный груз. Эта неопределенность уменьшается при современных средствах свя-

зи, однако, существуют регионы и условия, в которых связь с водителем просто отсутствует. В таких случаях положение спасает внедрение информационных технологий и систем контроля, базирующихся на использовании спутниковых данных о местоположении транспортных средств (ТС) в пространстве и времени. Однако достижение высокой отдачи от информационных средств и технологий требует четкого понимания особенностей автотранспортных систем различного назначения, в частности, особенностей и условий межрегиональных автоперевозок в различных странах и регионах. Без максимально полного учета особенностей проблемной области невозможно добиться высокой производительности

логистических цепей, уменьшить убытки, возникающие из-за различных коллизий на маршрутах, увеличивающих время перемещения грузов и накладные расходы.

В настоящее время в мире эксплуатируется множество видов систем слежения и диспетчеризации транспорта, причем более половины для определения местоположения транспортных средств используют датчики спутниковой навигационной системы GPS, обеспечивающая достаточно точное определение координат, курса и скорости объекта с указанием точного времени практически в любом месте земного шара круглосуточно.

Технически контроль функционирования ТС обеспечивается системой спутникового мониторинга и управления подвижными объектами, построенная на основе использования современных систем спутниковой навигации GPS, оборудования и технологий связи (GSM, GPRS), вычислительной техники и цифровых карт. Типичная система GPS-мониторинга состоит из трех звеньев: терминалов, устанавливаемых на автомобили, сервера и клиентских рабочих мест. Терминалы представляют собой специализированные GPS-трекеры, содержащие модуль собственно GPS и модуль сотовой связи (GSM, GPRS). Функции сервера может выполнять обычный персональный компьютер с установленным серверным программным обеспечением.

Но для менеджеров транспортной фирмы недостаточно сведений о текущем местоположении и скорости машины. Гораздо более важным является выявление, классификация и предупреждение проблем, достаточно регулярно возникающих в процессе транспортировки грузов. Кроме того, различные географические зоны, через которые пролегают маршруты перевозок, характеризуются своими особенностями, такими как пограничный и таможенный контроль, криминальные случаи, стихийные бедствия и т.п. Иногда простое несоблюдение временного режима приезда к пограничному пункту приводит к суточной задержке машины. Поэтому задача контроля режима движения и остановок ТС перерастает в актуальную задачу создания средств и технологий выявления проблемных ситуаций и зон для учета этих факторов при планировании и регулировании перевозок и снижения уровня неопределенности.

По проблеме мониторинга движения автотранспорта имеется ряд публикаций. В частности, в работе [2] описаны инновации, внедряемые в централизованном управлении данными для обеспечения соответствия требованиям и лучшей мобильности грузовых автомобилей, в том числе – и информация об автомобиле в движении. Локальный контроль движения грузовиков в США и других странах уже сформировался и является важным приложением. Централизованный доступ к данным может использоваться для автономной статистической обработки на специализированном сайте. Отмечается, что собранные и агрегированные данные могут обеспечить более эффективные решения и способствуют решению более сложных проблем, возникающих в облас-

ти грузовых перевозок. Решения по централизованному сбору данных могут также улучшить безопасность в дорожной сети, а также в городских условиях. Такие технологии будут играть ключевую роль в будущих приложениях Smart City.

В документе [3] описаны средства мониторинга в районах грузовых терминалов, обеспечивающие контроль операций и движение грузовиков от въездных ворот до порталов. Все события отмечаются во времени и хранятся в архиве, который затем используется для аудита производительности поездки грузовика. Аналогично, в отчете [4] описывается методика точного мониторинга времени ожидания и потока грузовиков в терминале в портах Лос-Анджелес/Лонг-Бич. Работа выполнена из-за быстрого роста объема грузов в указанных портах-близнецах, который вызвал, среди прочего, серьезные опасения по поводу ограничений пропускной способности портов, пробок на дорогах в прилегающих районах и за их пределами, загрязнения окружающей среды большим количеством грузовиков, нуждающихся в быстром обслуживании. В проекте отслеживается движение грузовых автомобилей на конкретном терминале в попытке получить статистику о прибытии грузовых автомобилей, а также об ожидании и потоках грузовых автомобилей на этом терминале. Отслеживание осуществляется с использованием технологии цифровой фотографии.

Цифровые камеры используются также в работе [5] для разноплановой оценки транспортного потока на городских дорогах. Для автоматического получения информации о городских транспортных потоках используются изображения с камеры автомобиля на приборной панели.

В работе [6] документируется разработка методологий сбора данных, которые могут быть использованы для измерения затрат на движение грузовиков вдоль определенных автодорожных коридоров в штате Вашингтон. Цель этого исследования заключалась в разработке и тестировании методологий, которые могли бы предоставить информацию для оценки эффективности проектов по улучшению дорожного движения грузовых транспортных средств. Предложенные контрольные показатели должны использоваться для составления отчетов об улучшениях скорости и объема, достигнутых в результате завершенных дорожных проектов. Одна из проверенных технологий включала системы глобального позиционирования (GPS), размещенные в грузовиках для сбора конкретных данных о движении грузовика с интервалами в 5 с. Данные GPS позволили определить, где и когда наблюдаемые грузовики испытывали заторы. С этой информацией, агрегированной с течением времени, можно было генерировать статистику производительности, связанную с надежностью поездок на грузовиках, и даже изучать изменения в выборе маршрута для поездок между парами отправок–назначения большого объема.

Определению активности грузовых автомобилей по зарегистрированным данным траектории посвящена работа [7]. Хорошо известно и понятно намерение

грузовых транспортных компаний во всем мире проверять правильное использование своих автопарков. Важным и труднодоступным этапом мониторинга маршрутов грузовых автомобилей является визуализация собранных данных о маршрутах. Для повышения эффективности визуального мониторинга в статье предлагаются два этапа предварительной обработки. Первым из них является сегментация маршрутов в значимые участки маршрута, в то время как на втором этапе происходит автоматическое отображение участков маршрута в классах активности транспортных средств. Метод сегментации маршрута основан на пространственно-временных особенностях траектории. Такой подход помогает справиться с многочисленными пространственными и временными ситуациями, возникающими при перевозках. Указатели на обнаруженные действия и маневры в данных траектории могут использоваться для целей индексации. Особо рассматриваются маневры и остановки транспортных средств. Визуализация участков маршрута в классах активности машин основаны, главным образом, на зарегистрированных данных о траектории и скорости применительно к конкретной дороге. Специфические для транспортировки данные могут включать географические и описательные данные о фактическом местоположении относительно пунктов назначения грузовых автомобилей, придорожных помещений и заправочных станций. Предварительно обработанные траектории грузовых автомобилей могут облегчить обнаружение нарушений правил дорожного движения и подозрительного поведения водителя.

Работа [8] посвящена сбору, обработке и составлению отчетов о транспортных средствах, в частности для их классификации. Обсуждаются требования, которым должна соответствовать программа классификации транспортных средств, частота сеансов мониторинга, доступное оборудование для сбора данных, программа испытаний оборудования.

Анализ имеющихся публикаций показал, что, во-первых, задачи разработки средств и методов мониторинга функционирования транспорта на межрегиональных перевозках являются актуальными, а во-вторых, – практически не найдено работ, в которых бы ставились задачи разработки математического обеспечения информационных технологий анализа и распознавания ситуаций и проблемных зон на маршрутах движения транспорта.

Целью работы является создание интеллектуальной системы мониторинга и классификации проблемных ситуаций и зон на маршрутах межрегионального автотранспорта.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Как можно понять из контекста предметной области, основной проблемой (то есть проблемой первого уровня) для транспортной фирмы является повышенный уровень убытков, источниками которых могут быть различные проблемы второго уровня, такие как низкая производительность транспортного флота, чрезмерные расходы и задержки по времени на отдельных этапах операций и т.п. В свою очередь,

низкая производительность является следствием систематически возникающих проблемных ситуаций, то есть проблем третьего уровня. С учётом этого представим онтологию проблемной области в виде:

$$O = \langle E(EA), P1(P2(P3(S))) \rangle,$$

$$PS, Z(G), R1, R2, R3, R4, CR, F \rangle, \quad (1)$$

где E – сущности предметной области; EA – множество атрибутов сущностей; $P1$ – множество проблем первого уровня; $P2$ – множество проблем второго уровня; $P3$ – множество проблемных ситуаций; S – множество признаков проблемных ситуаций и зон; PS – множество процессов, порождающих проблемы; Z – множество зон интереса на маршрутах; G – географическое описание зоны; $R1 \subseteq P1 \times P2$ – проекция множества проблем первого уровня на множество проблем второго уровня; $R2 \subseteq P2 \times P3$ – проекция множества проблем второго уровня на множество проблемных ситуаций; $R3 \subseteq P3 \times S$ – проекция множества проблемных ситуаций на множество признаков; $R4 \subseteq S \times Z$ – проекция множества признаков проблемных ситуаций на множество проблемных зон; $CR \subseteq P2 \times S$ – подлежащие определению корреляции между проблемами второго уровня и признаками проблемных ситуаций; F – множество функций классификации и распознавания проблемных зон.

Далее необходимо разработать концептуальную модель классификации и распознавания проблем, ситуаций и зон. Для классификации проблем и ситуаций необходимо построить иерархию проблем, двигаясь от проблем верхнего уровня к причинам, которые могут быть проблемами следующего уровня, – вплоть до проблемных ситуаций и их признаков и их проекций на проблемные зоны. На стыке каждых двух уровней проявляются причинно-следственные связи между проблемой верхнего уровня и проблемой следующего уровня.

Классификация обнаруженных новых проблемных зон основывается на сопоставлении частоты возникновения проблемных ситуаций и их географической принадлежности. Проблемная зона возникает в тех местах, где частота возникновения определенных проблемных ситуаций велика.

Рассматривая выражение (1), можно увидеть, что отношение $R1$ определяет причинно-следственные связи проблем первого уровня и проблем второго уровня, отношение $R2$ определяет причинно-следственные связи между проблемными ситуациями и проблемами второго уровня, отношение $R3$ связывает проблемные ситуации с их признаками, а отношение $R4$ связывает проблемные ситуации с зонами интереса. Таким образом, отношение $R4$ определяет положение зон как точек в пространстве проблемных ситуаций, которые, в свою очередь, являются точками в пространстве признаков, образованном множеством S . Выявление корреляций CR между проблемами второго уровня и признаками проблемных ситуаций помогает конкретизировать логические связи F , которые должны быть зафиксированы в процедурных и декларативных базах знаний.

В качестве подпространства признаков проблемных ситуаций введем SF – подпространство вероятностей (относительных частот) возникновения проблемных ситуаций, в котором каждой ситуации поставлена в соответствие ось координат. На каждой оси расположена шкала относительных частот возникновения j -й проблемной ситуации – $v_j \in [0,1]$. Тогда каждая точка в этом пространстве является реальной или теоретически возможной проблемой второго уровня $p_i^2 \in P2$. Проекция такой точки показывают, насколько часто возникают проблемные ситуации $p_j^3 \in P3$ для проблемы $p_i^2 \in P2$.

Определим пересечение $R4$ подпространства признаков SF и пространства зон Z как матрицу $MR4$, в которой каждая строка соответствует текущей зоне, а каждый столбец – частотному признаку зоны. Как было сказано, подмножество частотных признаков (подпространство SF пространства S) соответствует вероятности (относительной частоте) возникновения $f_j \in [0,1]$ одного типового штатного или нештатного события из алфавита признаков ситуаций. С учетом координат машины любая точка в этом подпространстве является реальной или теоретически возможной проблемной ситуацией $p_j^3 \in P3$.

Таким образом, сформирована онтология проблемной области и концептуальная модель классификации и распознавания проблем и ситуаций

Формальное описание динамики транспортных процессов. Отображение динамики процессов логистики невозможно без математической модели, отслеживающей изменения состояний всех единиц транспорта [9]. Для разработки данной математической модели в принципе можно использовать аппарат сетей Петри. Такая сеть должна учитывать временные параметры и быть раскрашенной [10]. Тогда перемещение транспортных единиц можно представить, как перемещение меток, изменение их состояний – изменением раскраски меток. Зоны остановок, погрузки и разгрузки можно отобразить позициями сети. Подобные модели используются при исследовании производственных участков машиностроительных предприятий [10]. Сеть Петри легко допускает декомпозицию и имеет хорошо разработанный аппарат анализа статики и динамики моделируемых процессов, которые обычно описываются на языке теории множеств [11]. Недостатком такого подхода в данном случае является то, что размерность отображения состояний транспортных средств на множество признаков изменения ситуаций на маршрутах достаточно велико и их описание при помощи аппарата сетей Петри затруднительно.

Другим вариантом математического описания функционирования транспортного флота как динамической системы является автоматное описание [12]. Оно также позволяет единообразно описать все множество свойств и состояний всех транспортных средств (ТС). При этом динамика функционирования флота легко описывается системой функций переходов [12].

Флот как объект мониторинга представим в терминах конечномерной дискретной динамической системы [11]:

$$\Phi = \langle X, T, U, \varphi \rangle, \quad (2)$$

где X – пространство состояний системы; T – множество моментов времени; U – распределение транспортных средств по маршрутам в течение временного интервала T ; $\varphi: T \times X \rightarrow X$ – функция переходов – определяет изменение оперативного положения на транспортной сети в любой момент времени из множества T .

Построим пространство состояний системы X , из параметров состояния транспортных средств $X_{TC\gamma}$. Состояние транспортного средства с индексом γ определяется вектором:

$$X_{TC\gamma} = (x_\gamma^{TC}, Q, C_\gamma^{TC}, CT_\gamma^{TC}, B_\gamma^{TC}, LUA_\gamma^{TC}, t_\gamma^{TC}), \quad (3)$$

где x_γ^{TC} – переменная, характеризующая состояние данного ТС, со следующими допустимыми значениями: «С» – неподвижно, «Д» – движется, «Н» – неисправно; Q – скоростной режим на интервале времени Δt , C_γ^{TC} – код страны локализации, CT_γ^{TC} – код города локализации, B_γ^{TC} – код границы между государствами, LUA_γ^{TC} – код пункта погрузки/выгрузки, t_γ^{TC} – время последнего изменения состояния данного ТС.

С учетом введенных выше обозначений математическую модель функционирования ТС можно представить с использованием теории автоматов в виде:

$$A_{TC} = \{V_{TC}, X_{TC}, P_{TC}\}, \quad (4)$$

где V_{TC} – множество входных сигналов; $X_{TC} = \{x_\gamma^{TC}\}$ – множество состояний; $P_{TC} = f(X_{TC}, V_{TC})$ – функция переходов. Входными сигналами автомата являются события, отмечающие выполнение очередного этапа цикла функционирования ТС.

Определим набор входных сигналов автомата: $V_{TC}^{нд}$ – начало движения; $V_{TC}^{п}$ – прибытие в пункт назначения; $V_{TC}^{ост}$ – остановка; V_{TC}^H – выход из строя по причине неисправности. Поскольку указанные события (за исключением выхода из строя) происходят циклически, в каждый момент времени истинным может быть только один входной сигнал. Сигнал неисправности должен играть роль запрета, и выводит данный экземпляр автомата из списка действующих, пока система верхнего уровня или пользователь не введет данные об исправности.

Определим далее функцию переходов–выходов $P_{TC} = f(S_{TC}, V_{TC})$ автоматной модели функционирования ТС как набор преобразований, каждое из которых определяет изменение состояния модели ТС после определённого события:

– в момент отправления из начального/конечного пункта ($V_{TC}^{от} = 1$) состояние модели $TC\gamma$ формируется следующим образом:

$$\begin{aligned} X_{TC\gamma}(t) &= (D, Q = f_1(GPS)), \\ C_{\gamma}^{TC} &= f_2(GPS), CT_{\gamma}^{TC} = f_3(GPS), \\ B_{\gamma}^{TC} &= f_4(GPS), LUA_{\gamma}^{TC} = f_5(GPS), t \end{aligned} \quad , \quad (5)$$

где функции $f_1...f_5$ осуществляют преобразование данных, полученных от системы GPS;

– после того, как $TC\gamma$ прибыл в конечный пункт ($V_{TC}^{np}=1$), состояние $TC\gamma$ изменяется следующим образом:

$$\begin{aligned} X_{TC\gamma}(t) &= (C, Q = f_1(GPS)), \\ C_{\gamma}^{TC} &= f_2(GPS), CT_{\gamma}^{TC} = f_3(GPS), \\ B_{\gamma}^{TC} &= f_4(GPS), LUA_{\gamma}^{TC} = f_5(GPS), t \end{aligned} \quad , \quad (6)$$

– при остановке ТС на маршруте ($V_{TC}^{ост}=1$) состояние $TC\gamma$ формируется согласно выражению (6), и реально изменение состояния зависит только от данных GPS;

– после того, как была обнаружена неисправность транспортного средства ($V_{TC}^H=1$), его состояние изменяется следующим образом:

$$\begin{aligned} X_{TC\gamma}(t) &= (H, Q = f_1(GPS)), \\ C_{\gamma}^{TC} &= f_2(GPS), CT_{\gamma}^{TC} = f_3(GPS), \\ B_{\gamma}^{TC} &= f_4(GPS), LUA_{\gamma}^{TC} = f_5(GPS), t \end{aligned} \quad , \quad (7)$$

Совокупность выражений (5)–(7) определяет функцию переходов–выходов автоматной модели ТС.

Для обеспечения возможности решения задачи классификации зон и распознавания ситуаций система мониторинга должна вести учет времен прибытия, убытия и пребывания в зонах, сопоставляя значения параметра t автоматной модели экземпляра $TC\gamma$ и его текущие состояния.

Третья составляющая модели СМК – модель классификации проблемных зон и ситуаций, рассматривается в другой статье.

Метод мониторинга функционирования транспорта. Метод мониторинга должен обеспечивать с одной стороны контроль положения и состояния транспортных средств, задействованных на маршрутах, а с другой стороны – выявление проблемных зон на маршрутах для уменьшения неопределенности при принятии управленческих решений.

В основе метода мониторинга функционирования транспорта лежат разработанная выше концептуальная онтологическая модель классификации проблем, ситуаций и зон, которая дает представление об информационной структуре проблемной области. Информационная структура определяется отношениями $R2 \subseteq P2 \times P3$ (проекция множества проблем второго уровня на множество проблемных ситуаций), $R3 \subseteq P3 \times S$ (проекция множества проблемных ситуаций на множество признаков), $R4 \subseteq S \times Z$ (проекция множества признаков проблемных ситуаций на множество зон). Одновременно информационная система позволяет реализовать множество функций F классификации и распознавания проблемных зон.

Каждое из перечисленных отношений удобно представить в виде матрицы.

Как указывалось выше, проекция множества проблемных ситуаций на множество проблемных зон $R4 \subseteq S \times Z$ представлена матрицей $MR4$, в которой каждая строка соответствует зоне фокуса внимания, а каждый столбец – признаку проблемной ситуации. Проблемная зона возникает в тех местах, где частота возникновения проблемных ситуаций велика.

Проекцию множества проблемных ситуаций на множество признаков $R3 \subseteq P3 \times S$ представим матрицей $MR3$, в которой каждая строка соответствует проблемной ситуации, а каждый столбец – признаку. Эта матрица позволяет идентифицировать по признаку проблемную ситуацию.

Проекцию множества проблем второго уровня на множество проблемных ситуаций $R2 \subseteq P2 \times P3$ представим матрицей $MR2$, в которой каждая строка соответствует проблемной ситуации, а каждый столбец – проблеме второго уровня.

Таким образом, имеем четыре матрицы, которые являются информационной основой метода мониторинга функционирования транспорта.

Опишем этапы метода.

Этап 1. Сбор, преобразование и фиксация GPS-данных в главной таблице динамической модели для каждого ТС.

Этап 2. Вычисление, нормирование и фиксация отклонений от средних значений динамических параметров модели состояния с учетом времени суток и этапа выполнения транспортной операции в таблице отклонений по каждому ТС на основе данных о координатах, скорости и времени.

Этап 3. Фазификация нормированных значений отклонений по общей нечеткой шкале.

Этап 4. Нечеткая интерпретация значений отклонений и обнаружение критических и нештатных ситуаций для конкретных ТС с использованием матрицы $MR3$.

Этап 5. Связывание текущих ситуаций и координат ТС через значения признаков с использованием матрицы $MR4$.

Этап 6. Накопление данных про критические и нештатные ситуации с привязкой к координатам.

Этап 7. Регулярное суммирование данных про критические и нештатные ситуации с учетом географических координат и анализ накопленных данных для выявления проблемных зон. Для выявления проблемной зоны используется пороговое преобразование накопленной суммы данных про критические и нештатные ситуации.

Этап 8. Связь накопленной информации по ситуациям с проблемами второго уровня через матрицу $MR2$.

Этап 9. Формирование результатов мониторинга для пользователя.

Таким образом, пользователь получает не только целостную статистическую картину событий на маршрутах, но и по мере накопления данных о проблемных ситуациях и соответствующих географических зонах может сконцентрировать внимание на та-

ких зонах и по возможности упреждать возникновение проблемных ситуаций, принимая адекватные решения. Тем самым снижается уровень неопределенности при планировании перевозок и прокладке маршрутов в регионах.

ВЫВОДЫ. Сформирована концептуальная онтологическая модель проблемной области функционирования международного грузового автотранспорта, дающая возможность структурировать поступающие данные с целью определения проблемных ситуаций и проблемных зон.

Сформировано математическое описание транспортного флота как динамической системы на основе конечно-автоматной модели. Это позволяет единообразно описать все множество свойств и состояний всех транспортных средств флота. Динамика функционирования флота описывается системой функций переходов.

Разработан усовершенствованный метод мониторинга функционирования транспорта, отличающийся возможностью выявления и классификации проблемных зон и ситуаций на маршрутах за счет использования комплекса структурированных географических и динамических данных.

Реализация моделей и метода мониторинга позволяет пользователю упреждать возникновение проблемных ситуаций, принимая адекватные управленческие решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самойленко М. І., Кобець А. О. Транспортні системи великої вимірності : монографія ; за ред. М. І. Самойленка. Харків : НТМТ, 2010. 212 с.
2. Michael Wieck. Innovations in Central Data Management for Truck Compliance and Mobility – Vehicle Information in Motion. ITS World Congress 2017 Montreal, October 29–November 2. URL: http://www.irdinc.com/public/uploads/downloads/1509636456_Central_Data_Management_Truck_Compliance_ITSWC_17.pdf (дата звернення: 21.12.2018)
3. Syncade Logistics. Product Data Sheet. October 2015. Truck Movements. URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-truck-movements-en-82188.pdf> (дата зве-

рнення: 11.11.2018)

4. Shui F. Lam, Jeho Park, Cheryl Pruitt. An Accurate Monitoring of Truck Waiting and Flow Times at a Terminal in the Los Angeles/Long Beach Ports. *Final Report METRANS Project AR 05-0. December 2007.* Department of Computer Engineering and Computer Science. California State University, Long Beach. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.410.1115&rep=rep1&type=pdf> (дата звернення: 12.12.2018)
5. Kohei A., Sentinuwo S. R. Method for Traffic Flow Estimation using On-dashboard Camera Image. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications.* 2014. Vol. 3, no. 2. P.18–22.
6. McCormack E., Hallenbeck M. E. ITS Devices Used to Collect Truck Data for Performance Benchmarks. Transportation Research Record. *Journal of the Transportation Research Board.* Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2006. No. 1957. P. 43–50.
7. Zoltán Fazekas, Péter Gáspár, Roland Kovács. Determining Truck Activity from Recorded Trajectory Data. *Procedia Social and Behavioral Sciences.* 2011. Vol. 20. P. 796–805.
8. Traffic Monitoring Guide May 1, 2001. URL: <http://web.ewu.edu/groups/cbpanwattap/taptraining/trafficonitoringguide/TMGsection4.pdf> (дата звернення: 12.10.2018)
9. Шевченко І. В., Левыкин В. М. Модель автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления карьерным автотранспортом. *Нові технології : науковий вісник КВЕІТУ.* 2005. № 4 (10). С. 68–72.
10. Лескин А. А., Мальцев П. А., Спиридонов А. М. Сети Петри в моделировании и управлении. Ленинград : Наука, 1989. 136 с.
11. Тимченко А. А. Основы системного проектирования та системного аналізу складних об'єктів ; за ред. проф. В. І. Бикова. Київ : «Либідь», 2003. 272 с.
12. Левыкин В. М., Шевченко І.В. Математические модели задач оперативно-диспетчерского управления карьерным автотранспортом. *Системні технології : регіональний міжвузівський збірник наукових праць.* 2006. Вип. 1 (42). С. 87–98.

MONITORING OF TRANSPORT FUNCTIONING WHILE INTERNATIONAL TRANSPORTATION

P. Tytyuk, I. Shevchenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pervomayskaya, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: ius.shevchenko@gmail.com

Purpose. The purpose of the article is to find out the means of monitoring of transport functioning while international transportation. For managers of the transport company it is not enough to obtain information about the current location and speed of the vehicle. Identification, classification and prevention of problems that arise during transportation is much more important. In addition, the various geographic areas through which transportation routes run are characterized by their own characteristics. These are border and customs control, criminal cases, natural disasters, etc. Sometimes a simple failure to comply with the temporary arrival at the border checkpoint leads to a daily delay of the car. Therefore, the task of controlling the mode of movement of the car develops into the task of creating tools and technologies for identifying problem situations and zones. The solution to this problem will help reduce the level of uncertainty in the planning and regulation of transport. **Results.** A conceptual ontological model of the problem area of functioning of international freight transport has been formed. The model makes it possible to structure the incoming data to identify problem situations and problem areas. A mathematical description of the transport fleet as a dynamic system based on a finite-automaton model is formed. This allows us to uniformly describe the entire set of properties and states of all vehi-

cles. The dynamics of the functioning of the fleet is described by a system of transition functions. Improved method of monitoring the functioning of transport has been developed. The method is distinguished by the possibility of identifying and classifying problem zones and situations on routes through the use of a set of structured geographic and dynamic data. **Practical value.** The implementation of the models and the monitoring method allows the user to get a complete statistical picture of the events along the routes. As data on problem situations and corresponding zones are accumulated, the manager can concentrate on such zones and, if possible, prevent the occurrence of problem situations by taking adequate decisions. This reduces the level of uncertainty in transport planning and laying routes in the regions. References 12.

Key words: international land transportations, problem situations, problem areas, ontology, conceptual model, monitoring method.

REFERENCES

1. Samoylenko, M. I., Kobets, A. O. (2010), *Transportni sistemi velikoyi vimirnosti: monografiya* [Transport systems of large measurableness: monograph], NTMT, Kharkiv, Ukraine.
2. Wieck, M. (2017), "Innovations in Central Data Management for Truck Compliance and Mobility – Vehicle Information in Motion", *ITS World Congress 2017*, October 29–November 2, Montreal. URL: http://www.irdinc.com/public/uploads/downloads/1509636456_Central_Data_Management_Truck_Compliance_ITSWC_17.pdf.
3. "Syncade Logistics", *Product Data Sheet* (2015), October 2015, Truck Movements, URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-truck-movements-en-82188.pdf>.
4. Lam, S. F., L., Park, J., Pruitt, C. (2007), "An Accurate Monitoring of Truck Waiting and Flow Times at a Terminal in the Los Angeles/Long Beach Ports", *Final Report METRANS Project AR 05-0*. December, 2007, Department of Computer Engineering and Computer Science, California State University, Long Beach, URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.410.115&rep=rep1&type=pdf>.
5. Kohei, A., Sentinuwo, S. R. (2014), "Method for Traffic Flow Estimation using On-dashboard Camera Image", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 3, no. 2, pp. 18–22.
6. McCormack, E., Hallenbeck, M. E. (2006), "ITS Devices Used to Collect Truck Data for Performance Benchmarks. Transportation Research Record", *Journal of the Transportation Research Board*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., No. 1957. pp. 43–50.
7. Fazekas, Z., Gáspár, P., Kovács, R. (2011), "Determining Truck Activity from Recorded Trajectory Data", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 20, pp. 796–805.
8. Traffic Monitoring Guide, (2001), May 1, 2001). URL: <http://web.ewu.edu/groups/cbpanwattap/ttaptrainin g/trafficmonitoringguide/TMGsection4.pdf>.
9. Shevchenko, I. V., Levykin, V. M. (2005), "Model of CAS of operatively-controller's management by aquarry motor transport", *New atechologies, Scientific Bulletin of KUEITU*, no. 4 (10), pp. 68–72.
10. Leskin, A. A., Mal'tsev, P. A., Spiridonov, A. M. (1989), *Seti Petri v modelirovanii i upravlenii* [Petri nets are in a design and management], Nauka, Leningrad, USSR.
11. Timchenko, A. A. (2003), *Osnovi sistemnogo proektuvannya ta sistemnogo analizu skladnih ob'ektiv* [Bases of the system planning and analysis of the systems of difficult objects], Lybid', Kiev, Ukraine.
12. Levykin, V. M., Shevchenko, I. V. (2006), "Mathematical models of tasks of operatively-controller's management by a quarry motor transport", *System technologies: regional intercollegiate collection of scientific works*, iss. 1, no. 42, pp. 87–98.

Стаття надійшла 17.11.2018.