



November
2013



INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS





**КОММУНИКАЦИОННЫЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ
ПОТОКОВ:**

**ЕВРОПЕЙСКО-РОССИЙСКО-УКРАИНСКАЯ
МАГИСТЕРСКАЯ И ДОКТОРСКАЯ ПРОГРАММЫ
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ
517374-TEMPUS-1-2011-1-RU-TEMPUS-JPCR**

Ответственные за выпуск:

Батищева О.М., Папшев В.А., Кузнецова И.Г.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Responsible for the release:

Batishcheva O.M., Papshev V.A., Kuznetcova I.G.

Samara State Technical University

Содержание данного материала является предметом ответственности авторов
и не отражает точку зрения Европейской Комиссии

This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot
be held responsible for any use which may be made of the information contained
therein.

СОДЕРЖАНИЕ

УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА TEMPUS–CITISSET	4
РАЗРАБОТКИ УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА В ОБЛАСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	5
<i>А.А. Бардась.</i> Методы интеллектуальных систем в задачах оперативного управления на сортировочных станциях	5
<i>К.Ю. Дергачев, Т.В. Литвиненко.</i> Рациональное управление движением мобильных роботов	10
<i>А.П. Заец.</i> Применение спутниковых технологий для мониторинга, контроля и прогнозирования эксплуатационных характеристик железнодорожного транспорта	15
<i>А.В. Куцан.</i> Идентификация и трекинг объектов на видеопотоке	19
<i>Т.И. Михеева, О.М. Батищева.</i> Геоинформационная система учета интенсивности транспортных потоков	23
<i>А.Е. Макаренко.</i> Модели управления процессом обслуживания судов	26
<i>А.М. Огороков.</i> Совершенствование оперативного управления железнодорожными транспортными комплексами по данным спутниковой системы позиционирования объектов.	37
<i>И.О. Романцев.</i> Совершенствование систем железнодорожной автоматики на основе данных позиционирования объектов	43
<i>В.В. Скалзуб, И.В. Клименко, В.Н. Осовик, М.С. Чередниченко.</i> Задачи интеллектуализации автоматизированных систем управления вагонными парками Укрзализныци.	51
<i>О.М. Швец.</i> Совершенствование мониторинга и управления автоматизированными процессами эксплуатации железнодорожного транспорта методами интеллектуальных систем	62

C O N T E N T S

PROJECT PARTICIPANTS	4
PROJECT PARTICIPANTS DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS.....	5
<i>O.O. Bardas</i> . Methods of intelligent systems in the operational management tasks on the marshalling yards	10
<i>K.Yu. Dergachov, T.V. Lytvynenko</i> . Rational control of mobil robots	14
<i>A.P. Zaets</i> . Application of satellite technology for monitoring, controlling and predicting performance characteristics of railway transport	18
<i>A.V. Kutsan</i> . Identification and tracing objects on videostream	22
<i>T.I. Mikheeva, O.M. Batishcheva</i> . Geographic information system for accounting of intensity of traffic flows	26
<i>A.E. Makarenko</i> . The process control model servicing of vessels.....	36
<i>A.M. Okorokov</i> . Improving the operational management of rail transport complexes by satellite positioning system objects.....	43
<i>I.O. Romantsev</i> . Improvement of railway automation based on data positioning objects	50
<i>Vi.V. Skalozub, I.V. Klymenko, V.N. Osovyk, M.S. Cherednychenko</i> . Tasks of intellectualization of automated systems fleet management of the Ukrzaliznytsi.....	61
<i>O.M. Shvets</i> . Monitoring and management improvement of automated exploitation processes of the rail transport by means of intelligent systems.....	68

Российская Федерация:



Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения



Мурманский государственный технический университет



Московский государственный университет путей
сообщения



Самарский государственный технический университет



ОАО «Российский институт радионавигации и времени»

Украина:



Национальный аэрокосмический университет
«Харьковский Авиационный Институт»



Одесский национальный морской университет



Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта



Житомирский государственный технологический
университет

ЕС:



Университет г. Саутгемптон (Великобритания)



Институт транспорта и связи (Латвия)



Силезский университет технологий (Польша)



Университет г. Линчопинг (Швеция)

РАЗРАБОТКИ УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА В ОБЛАСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А.А. Бардась¹

МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Представлена модель выбора очередности расформирования поездов на сортировочных станциях, основанная на принципах работы интеллектуальных систем управления.

Введение

Сортировочные станции являются главными опорными пунктами по организации вагонопотоков на сети железных дорог. Значительную часть времени своего оборота, вагоны находятся именно на сортировочных станциях – как под выполнением различных технологических операций, так и в ожидании их выполнения. Отсюда возникает множество возможностей для сокращения простоя вагонов и подвижного состава, уменьшения потребления топлива и в результате – уменьшения эксплуатационных расходов железных дорог.

Реализовать указанные возможности помогает оперативное управление работой сортировочных станций, которое подразумевает решение множества оптимизационных задач. К таким задачам, например можно отнести корректировку плана формирования поездов, выбор специализации путей сортировочного парка, выбор очередности расформирования поездов (ВОРП) и т.д. Информационной базой решения указанных задач являются данные из автоматизированных систем управления железнодорожными перевозками.

Одной из наиболее важных составляющих информационного обеспечения решения задач оперативного управления является прогноз прибытия поездов на сортировочную станцию. Точность прогнозирования движения поездов в значительной степени определяет возможность практического применения различных рычагов воздействия на технологические процессы сортировочной станции. К примеру, эффективное управление очередностью расформирования поездов возможно при средней ошибке прогнозирования не более величины горочного технологического интервала.

В связи с этим в настоящее время на железных дорогах Украины некоторые задачи оперативного управления, в том числе и задача ВОРП, не нашли своего практического применения.

Рассмотрим использование данных прогноза прибытия поездов на примере решения задачи ВОРП.

¹ Бардась А.А. – к.т.н., доцент кафедры «Станции и узлы» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (г. Днепропетровск, Украина)

Постановка задачи выбора очередности расформирования поездов

Для решения задачи ВОРП необходимо располагать следующими исходными данными:

- прогноз прибытия поездов на станцию;
- сведения о составах поездов, поступающих в расформирование (в объеме ТГНЛ);
- сведения о наличии вагонов по назначениям плана формирования поездов на путях сортировочного парка;
- текущее состояние путей всех парков сортировочной станции;
- нормы времени выполнения технологических операций на станции;
- емкость в условных вагонах сортировочных путей;
- сведения о наличии поездных локомотивов, готовых к подаче под поезда своего формирования.

Каждый вариант обработки поездов будем характеризовать выбранной очередностью расформирования $X^{(t)} = \{N_1, N_2, \dots, N_k\}$, где N_1, N_2, \dots, N_k – номер поезда, расформировываемого, соответственно, первым, вторым, k -м; t – номер очередности расформирования поездов, $t = 1 \dots k!$. Все множество очередностей обозначим как $X = \{X^{(t)}\}$.

Задача ВОРП сводится к поиску такой последовательности расформирования поездов, которая минимизирует общие эксплуатационные расходы сортировочной станции:

$$C(X^{(t)}) = C_{вч} + C_{пч} + C_{лч} + C_{ман} \rightarrow \min_{\forall X^{(t)} \in X} \quad (1)$$

где $C_{вч}$ – эксплуатационные расходы, связанные с простоем вагонов на станции;

$C_{пч}$ – эксплуатационные расходы, связанные с простоем поездов по неприему на станцию;

$C_{лч}$ – эксплуатационные расходы, связанные с простоем локомотивов на станции;

$C_{ман}$ – эксплуатационные расходы, связанные с дополнительной маневровой работой, вызванной изменением очередности расформирования поездов.

Стохастическая модель выбора очередности расформирования поездов

Для возможности практического применения задачи ВОРП необходимо решить ряд проблем, связанных с неточностью исходных данных. В работе [1] отмечается, что все практические работы по АСУ должны учитывать известную недостоверность прогноза ожидаемого времени прибытия поездов. Такая модель была описана в работах [2–5]. Модель ВОРП представляется в виде двухэтапной задачи стохастического программирования.

Пусть $\{\theta_i\} = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_f\}$ – множество возможных состояний системы "Станция – Прилегающие участки", которая определяется возможными моментами подхода поездов к станции – $\theta_i = \{T_1, T_2, \dots, T_k\}$. Множество $\{\theta_i\}$ формируется на основе статистических данных о точности прогноза прибытия поездов. Вероятность $P(\theta_i)$ каждого состояния известна.

Учитывая возможность отклонения фактического прибытия поездов от прогноза, получаем целевую функцию задачи ВОРП на основе модели стохастического программирования:

$$\dot{C}(X^{(t)}) = \sum_{i=1}^f (C(X^{(t)}; \theta_i) \cdot P(\theta_i)) \longrightarrow \min_{\forall X^{(t)} \in X}, \quad (2)$$

где $C(X^{(t)}; \theta_i)$ – общие эксплуатационные расходы на реализацию очередности расформирования $X^{(t)}$ в условиях θ_i .

Постановка задачи ВОРП на основе задачи стохастического программирования значительно увеличивает объемы расчетов. Поскольку управление очередностью расформирования осуществляется в оперативных условиях, то ситуация задержки обработки поездов из-за ожидания окончания расчетов является недопустимой. В связи с этим есть необходимость разработать меры, направленные на сокращение размерности задачи ВОРП.

Одним из путей решения поставленной задачи является декомпозиция задачи и разбивка графа вариантов очередности расформирования на отдельные менее громоздкие процессы (см. рис. 1). С этой целью граф вариантов очередности распуска разделяем на два этапа – граф вариантов первого этапа глубиной k_1 составов, и граф вариантов второго этапа глубиной k_2 составов, которые являются продолжением ветвей графа вариантов первого этапа. Количество вариантов графа первого этапа составляет $\frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$, тогда количество графов второго этапа составляет также $\frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$, количество вариантов каждого графа второго этапа определяется как $k_2!$. Общее количество вариантов совместного дерева составляет $(k_1 + k_2)!$.

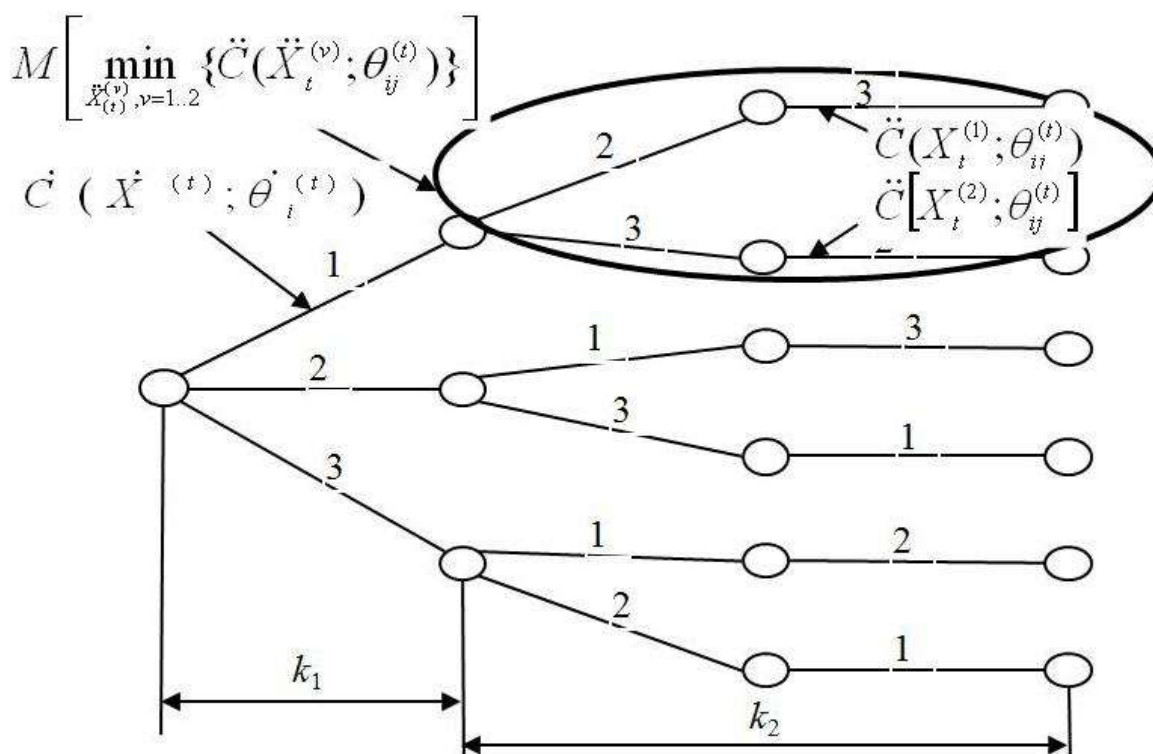


Рис. 1. Граф возможных вариантов очередностей расформирования в случае декомпозиции задачи ВОРП

Множество очередностей расформирования графа вариантов первого этапа обозначим как $\dot{X} = \{\dot{X}^{(t)}\}$, $t = 1 \dots \frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$. Множество возможных состояний системы на

этапе расчета по графу вариантов первого этапа $\dot{\theta} = \{\dot{\theta}_i^{(t)}\}$, $i = 1 \dots f_1$, $t = 1 \dots \frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$

определяется возможными моментами подхода к станции поездов, которые включены в граф вариантов первого этапа – $\dot{\theta}_i^{(t)} = \{T_1, T_2, \dots, T_{k_1}\}$. Вероятность $P(\dot{\theta}_i^{(t)})$ каждого состояния известна. Для каждой очередности $\dot{X}^{(t)}$ известно множество очередности расформирования графа вариантов второго этапа, обозначим ее как $\{\ddot{X}_t^{(v)}\}$, $v = 1 \dots k_2!$, $t = 1 \dots \frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$. Для каждого графа вариантов второго этапа также известно множество

возможных состояний системы $\ddot{\theta} = \{\ddot{\theta}_{ij}^{(t)}\}$, $i = 1 \dots f_1$, $j = 1 \dots f_2$, $\ddot{\theta}_{ij}^{(t)} = \{T_{k_1+1}, T_{k_1+2}, \dots, T_{k_1+k_2}\}$.

Вероятность $P(\ddot{\theta}_{ij}^{(t)})$ каждого состояния известна. Возможное состояние $\ddot{\theta}_{ij}^{(t)}$ конкретизирует ситуацию, которая сложилась согласно состоянию $\dot{\theta}_i^{(t)}$, то есть $\sum_{j=1}^{f_2} P(\ddot{\theta}_{ij}^{(t)}) = P(\dot{\theta}_i^{(t)})$.

После декомпозиции задачи приходим к двухэтапной задаче стохастического программирования:

$$C_1(\dot{X}^{(t)}) = M \left[\dot{C}(\dot{X}^{(t)}; \dot{\theta}_i^{(t)}) \right] + M \left[\min_{\ddot{X}_t^{(v)}, v=1 \dots k_2!} \{ \ddot{C}(\ddot{X}_t^{(v)}; \ddot{\theta}_{ij}^{(t)}) \} \right] \rightarrow \min_{\forall \dot{X}^{(t)} \in \dot{X}} \quad (3)$$

где $\dot{C}(\dot{X}^{(t)}; \dot{\theta}_i^{(t)})$ – эксплуатационные расходы варианта очередности расформирования $\dot{X}^{(t)}$ графа первого этапа в условиях $\dot{\theta}_i^{(t)}$;

$\ddot{C}(\ddot{X}_t^{(v)}; \ddot{\theta}_{ij}^{(t)})$ – эксплуатационные расходы варианта очередности расформирования $\ddot{X}_t^{(v)}$ графа второго этапа, принадлежащего очередности $\dot{X}^{(t)}$ графа первого этапа. Расходы определяются в условиях $\dot{\theta}_i^{(t)}$ та $\ddot{\theta}_{ij}^{(t)}$.

Использование в качестве целевой функции выражения (3) позволит учитывать стохастический характер прогноза прибытия поездов на станцию, и избежать чрезмерного увеличения размерности задачи ВОРП. Однако даже стохастическая модель не может быть эффективной в условиях примитивных методов прогнозирования. Поскольку в настоящее время прогнозирование движения поездов на железных дорогах Украины осуществляется с применением нормативных продолжительностей хода по перегонам, то можно сделать вывод, что разработка и внедрение более совершенных методов прогнозирования является актуальной задачей. Только после этого появится реальная возможность практического применения как задачи ВОРП так и многих других задач оперативного управления.

Прогнозирование движения поездов в АСУЖТ Украины

В настоящее время информационной базой прогнозирования движения поездов на железных дорогах Украины являются информационные сообщения о проследовании поездами отдельных железнодорожных станций, основные из них следующие:

- с. 200 – сообщение об отправлении поезда со станции;
- с. 201 – сообщение о прибытии поезда на станцию;
- с. 202 – сообщение о проследовании поездом станции.

Эти сообщения вводятся вручную операторами при дежурных по станциям после наступления соответствующих событий. Другими словами, на железных дорогах Украины реализована событийная модель продвижения поездов по железнодорожной сети. Следствием этого является множество проблем:

- информация о местоположении поездов обновляется крайне редко;
- вследствие наличия человеческого фактора имеет место определенная неточность полученной информации, как по объективным причинам (ошибки измерения), так и по субъективным (вследствие желания скрыть невыполнение качественных показателей работы);
- запаздывание получения информации.

Наиболее серьезной из указанных проблем является первая. Информация о местоположении поездов на полигоне железных дорог обновляется только при прохождении определенных станций. Причем, если на некоторых участках информационные сообщения вводятся всеми станциями, то на других такие сообщения вводятся, лишь на начальных и конечных станциях участков. Зачастую информация о местоположении поездов обновляется не чаще одного раза в течение часа. В таких условиях выполнять точное прогнозирование движения поездов представляется крайне сложной задачей. Кроме того ситуация усугубляется использованием при прогнозировании нормативных продолжительностей хода поездов по перегонам, которые на практике очень часто не выдерживаются.

С целью устранения указанных проблем, в настоящее время на железных дорогах Украины реализуется обширная программа по оснащению поездных локомотивов GPS-навигаторами. С помощью использования спутниковых GPS-технологий возможно отслеживать местоположение подвижного состава в реальном масштабе времени и с большой точностью. Ожидается, что в будущем это даст возможность, существенно повысить и точность прогнозирования движения поездов.

Использование GPS-технологий при прогнозировании движения поездов дает возможность учитывать взаимное расположение поездов на перегонах, и как следствие этого – учитывать показания светофоров автоблокировки при прохождении их поездами. Эта информация является новой и ранее недоступной в среде автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом. Наличие такой информации создает возможности использования принципиально иных методов прогнозирования движения поездов.

Выводы

Целесообразность управления очередностью расформирования поездов во многом определяется достоверностью сведений автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом, в том числе точностью прогноза прибытия поездов. Оснащение поездных локомотивов GPS-трекерами создает возможность для перехода на качественно иную технологию прогнозирования движения поездов, что существенно повысит его точность. Внедрение на железнодорожном транспорте Украины современных технологий спутникового позиционирования и мониторинга, как элемента интел-

лектуальных систем, обеспечит возможности повышения эффективности процессов перевозок, снизит затраты на переработку вагонопотока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буянов, В. А. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984. – 240 с.
2. Бардась, А. А. Усовершенствование планирования процессов расформирования составов с учетом оперативных данных автоматизированных систем управления грузовыми перевозками [Текст] / А. А. Бардась // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту зал. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – С. 150-152.
3. Бардась, О. О. Аналіз ефективності формування поїздопотоків при автоматизованому управлінні черговістю розпуску [Текст] / О. О. Бардась // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту зал. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 35-38.
4. Скалозуб, В. В. Удосконалення методів вибору черговості розпуску составів на сортувальній станції [Текст] / В. В. Скалозуб, О. О. Бардась // Збір. наук. праць Донецьк. ін-т. зал. тр-ту Укр. держ. акад. зал. тр-ту. – 2010. – Вип. 24. – С. 46-52.
5. Скалозуб, В. В. О приближенной декомпозиции NP-полных задач управления сложными процессами [Текст] / В. В. Скалозуб, А. А. Бардась, М. В. Скалозуб // Системні технології. Регіональний міжвуз. збір. наук. праць. – 2011. – №4(75). – С. 174-184.

O.O. Bardas

METHODS OF INTELLIGENT SYSTEMS IN THE OPERATIONAL MANAGEMENT TASKS ON THE MARSHALLING YARDS

This article describes a model for the choice of priority disbandment of trains in marshalling yards, based on the principles of intelligent control systems.

O.O. Bardas – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Stations and Junctions, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

К.Ю. Дергачев¹, Т.В. Литвиненко²

РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Рассмотрены вопросы рационального планирования маршрута движения роботов в среде с препятствиями и рационального управления при движении по маршруту. Предложена методика построения криволинейного движения мобильного колесного робота на плоскости.

При решении прикладных задач в области робототехники, мехатроники, электроники, навигации часто возникает задача рационального управления движением мобильных роботов. Задача управления непосредственно связана с решением задач навигации роботов. В качестве таких задач целесообразно рассматривать две основные задачи навигации – определение рационального местоположения и определение рационального маршрута перемещения мобильного робота из одной точки простран-

¹ Дергачев К.Ю. – к.т.н., доцент кафедры «Системы управления летательных аппаратов» Национального аэрокосмического университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» (г. Харьков, Украина)

² Литвиненко Т.В. – аспирант кафедры «Системы управления летательных аппаратов» Национального аэрокосмического университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» (г. Харьков, Украина)

ства в другую. В работе рассматриваются вопросы рационального планирования маршрута движения роботов в среде с препятствиями и рационального управления при движении по маршруту.

При помощи средств технического зрения может быть построена картина мира робота, которая представляет собой дискретное рабочее пространство. Причем в реальной обстановке пространство содержит препятствия, в качестве которых могут быть рассмотрены окружающие предметы. Дискретное рабочее поле с препятствиями представлено на рис.1.

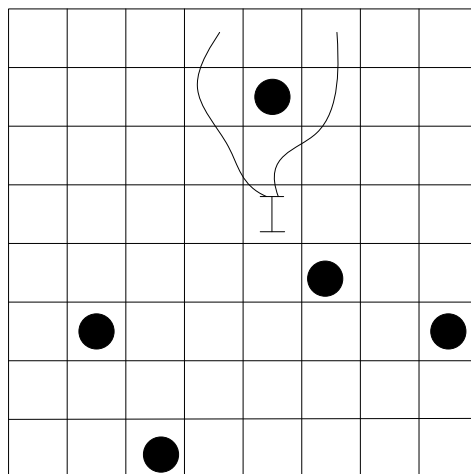


Рис. 1. Дискретное рабочее поле с препятствиями

Решения задач построения глобальных траекторий движения широко рассмотрены в работах [1, 2].

Наиболее эффективным алгоритмом построения глобальной траектории для робота, оснащенного элементами технического зрения, является алгоритм волновой трассировки Ли [3]. В результате которого строится глобальная траектория движения мобильного робота, которая в последствии может быть интерполирована при помощи одного из численных методов.

Рассмотрим алгоритм построения траекторного движения робота.

Пусть в результате интерполяции был получен маршрут движения колесного робота, представленный на рис. 2.

Пусть известно начальное положение ТА.

$$\begin{cases} y = f(x), \\ (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = (vt)^2, \end{cases} \quad (1)$$

где x_0, y_0 – координаты начального положения ТА (середины передней оси), $f(x)$ – интерполированный маршрут движения мобильного робота, v – скорость движения мобильного времени, t – время движения робота.

В результате решения системы уравнений (1) могут быть получены координаты точки (x_T, y_T) , в которую перейдет ТА.

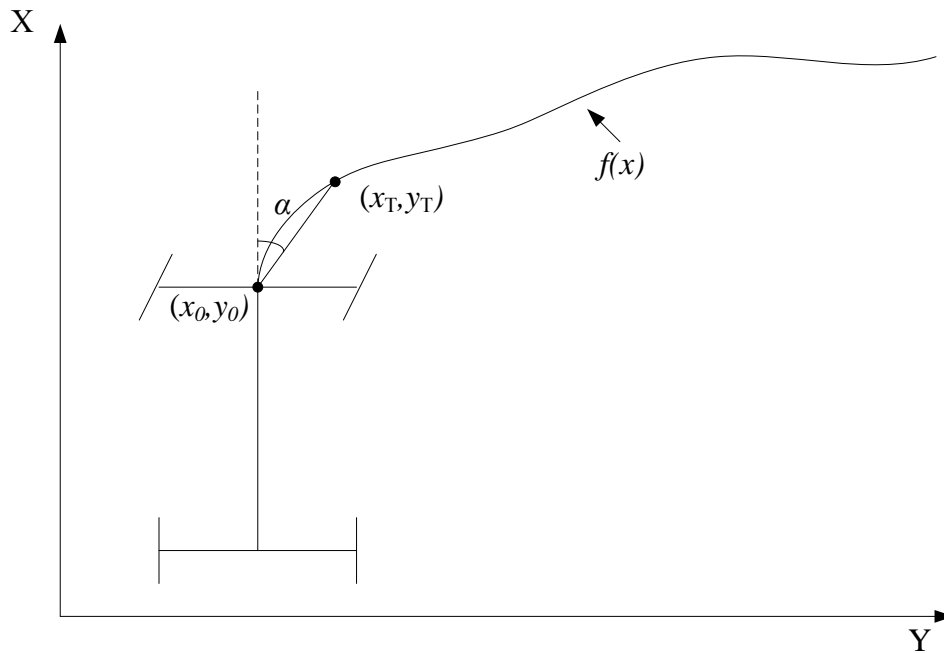


Рис. 2. Маршрут движения колесного робота.

Угол поворота рулевого колеса может быть вычислен как

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta x}{\Delta y} = \arctg \frac{x_T - x_0}{y_T - y_0}. \quad (2)$$

Зная заданное значение v и рассчитав α можно определить проекцию скорости на вертикальную ось:

$$v_n = v \cdot \cos \left(\arctg \frac{x_T - x_0}{y_T - y_0} \right). \quad (3)$$

Для построения перемещения робота могут быть использованы модели, полученные Фаробиним для колесной машины с передними управляемыми колесами [4]. Применение этих моделей позволяет определить смещение центра x относительно задней оси ТА и радиус поворота R . На рис. 3 представлена расчетная схема рассматриваемого колесного робота для неустановившегося поворота с принятыми обозначениями геометрических и кинематических параметров.

На рис. 3 введены следующие обозначения: x_1, y_1 – координаты середины передней оси мобильного робота; x_2, y_2 – координаты середины задней оси мобильного робота; x_c, y_c – координаты центра тяжести агрегата; β – угол наклона робота, O – центр поворота.

Положение робота на плоскости можно охарактеризовать истинным углом наклона β , который может быть определен как

$$\beta = \arctg \frac{|x_1 - x_2|}{|y_1 - y_2|}. \quad (4)$$

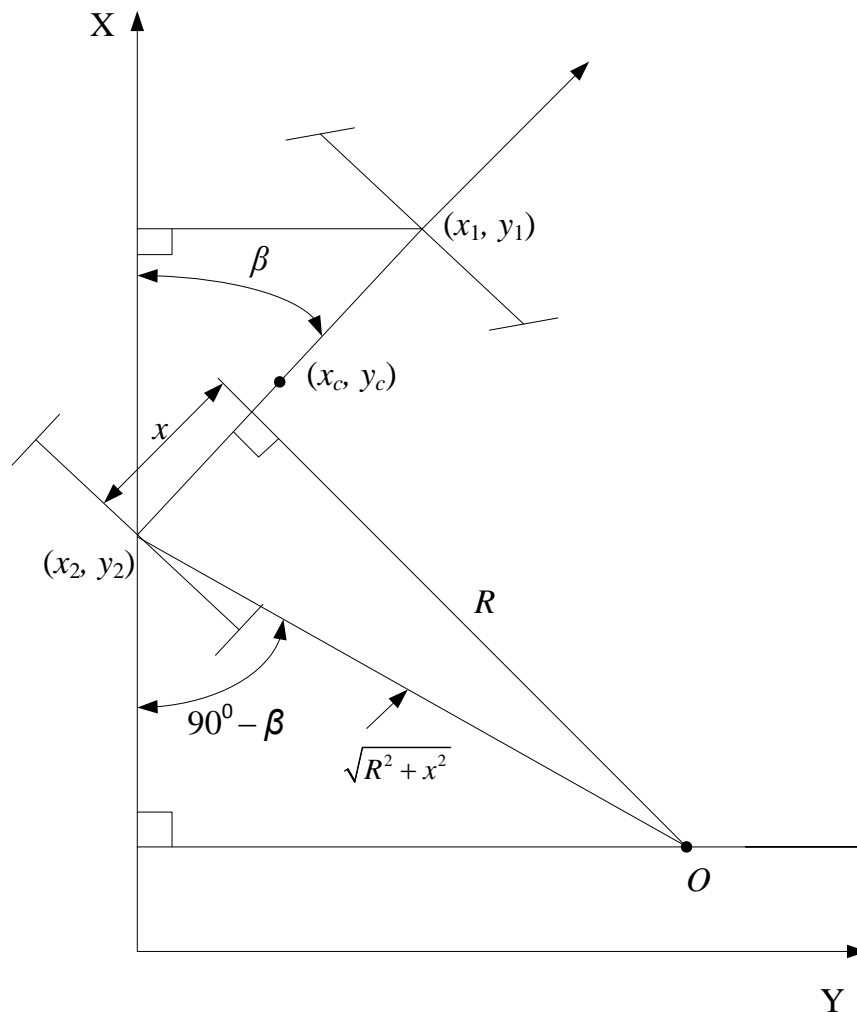


Рис. 3 – Расчетная схема колесного робота

Тогда положение центра поворота будет иметь координаты

$$\begin{cases} x_O = x_2 - \Delta x = x_2 - \sqrt{R^2 + x^2} \cdot \sin(90^\circ - \beta), \\ y_O = y_2 + \Delta y = y_2 + \sqrt{R^2 + x^2} \cdot \cos(90^\circ - \beta). \end{cases} \quad (5)$$

Используя формулы приведения можно записать:

$$\begin{cases} \Delta x = x_2 - \sqrt{R^2 + x^2} \cdot \cos \alpha, \\ \Delta y = y_2 + \sqrt{R^2 + x^2} \cdot \sin \alpha. \end{cases} \quad (6)$$

Таким образом, геометрически на плоскости для построения движения необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) используя техническое зрение построить картину мира робота;
- 2) с помощью алгоритма волновой трассировки Ли построить глобальную траекторию движения транспортного агрегата;
- 3) интерполировать глобальную траекторию, используя один из численных методов;
- 4) используя систему уравнений (1), получить координаты точки траектории, в которую перейдет ТА;
- 5) вычислить угол поворота рулевого колеса α , используя соотношение (2);

- 6) используя модели Фаробина [4] для колесных машин при неустановившемся повороте рассчитать смещение центра x относительно задней оси ТА и радиус поворота R ;
- 7) рассчитать истинный угол наклона робота β по формуле ();
- 8) определить координаты центра поворота O .

В итоге получены соотношения для центра поворота, относительно которого совершается поворот транспортного средства.

Геометрически поворот мобильного транспортного робота вокруг центра поворота O осуществляется следующим образом [5]: сдвиг центра вращения в начало новой системы координат, поворот объекта на угол α вокруг начала координат и сдвиг центра вращения в исходное положение.

$$\begin{aligned}
 [x' \quad y' \quad 1] &= [x \quad y \quad 1] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x_o & -y_o & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x_o & y_o & 1 \end{bmatrix} = \\
 &= [(x' - x_o) \cdot \cos\alpha - (y' - y_o) \cdot \sin\alpha + x_o \quad (x' - x_o) \cdot \sin\alpha + (y' - y_o) \cdot \cos\alpha + y_o \quad 1] \quad (7)
 \end{aligned}$$

Используя соотношение (7) можно рассчитать координаты любой точки мобильного транспортного робота после поворота.

Полученный в статье алгоритм построения криволинейного движения мобильного колесного робота на плоскости позволит рационального планировать маршруты движения роботов в среде с препятствиями и рационального управлять движением по маршруту. Алгоритм построения рациональных траекторий позволит в дальнейшем решать задачу диагностики и коррекции технического состояния мобильных транспортных роботов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дергачев К.Ю. Прокопов В.А. Глобальное планирование маршрутов движения транспортных агрегатов с учетом рельефа местности. – Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 4(20). – С. 142-144.
2. Дергачев К.Ю., Флерко С.М., Кравцов Д.В. Методика визначення оптимальних маршрутів руху рухомих об'єктів у комплексі задач командного пункту диспетчерської системи. – Системи обробки інформації Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2005. – Вип. 1. – С. 213-217.
3. МакКоннелл Дж. Основы современных алгоритмов – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
4. Фаробин Я. Е. Теория поворота транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1970. – 176 с.
5. Яглом И. М. Геометрические преобразования, Т.1,2.—М.: Гостехиздат, 1955. – 284 с.

K.Yu. Dergachov, T.V. Lytvynenko

RATIONAL CONTROL OF MOBILE ROBOTS

Rational planning of the robots route in an environment with obstacles and rational control for route navigation are considered. Methodology for performing the curvilinear motion of mobile wheeled robots on the plane is proposed.

Dergachov K. Yu. – PhD of Technical Science, Senior lecturer of «Flying Vehicles Control Systems» chair of the National Aerospace University of N.Ye. Zhukovsky "KhAI" (Kharkov);
Lytvynenko T. V. – Ph. D. student of «Flying Vehicles Control Systems» chair of the National Aerospace University of N.Ye. Zhukovsky "KhAI" (Kharkov),

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА, КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Рассмотрены методы применения глобальных навигационных спутниковых технологий и средств беспроводной связи для мониторинга местоположения, контроля и прогнозирования эксплуатационных характеристик железнодорожного транспорта с целью повышения качества его работы и снижения затрат на его содержание.

На современных предприятиях железнодорожного транспорта важными аспектами работы являются производственная логистика, обеспечение безопасности работы, повышение качества предоставляемых услуг, контроль выполнения заданий, автоматический учет расходов, сбор статистической информации и прогнозирование состояния транспортного парка с возможностями предупреждения критических событий. Для реализации всех вышеперечисленных задач в комплексе необходимо применение автоматизированных систем, основанных на применении глобальных навигационных спутниковых (ГНС) технологий и средств беспроводной связи.

Задачи производственной логистики являются приоритетными для предприятий с разветвленной сетью железнодорожных путей и с большим транспортным парком. Целью данной задачи является снижение времени простоев техники, оптимизация маршрутов передвижения, предоставление диспетчеру мгновенной информации для оперативного управления. Данные задачи возможно решить путем внедрения систем ГНС. Для внедрения системы подвижной состав оборудуется навигационными приемниками (трекерами), которые практически в режиме реального времени (с дискретизацией порядка 10 секунд) способны определить местоположение единицы подвижного состава (с точностью до 10 метров) и передать данные (широту, долготу, высоту над уровнем моря, скорость и ускорение) на телематический сервер для дальнейшей обработки посредством каналов беспроводной связи (таких как мобильные пакетные GSM-сети, цифровые CSD-каналы, WiFi-сети). После сбора, информация сохраняется в базе данных телематического сервера и по запросу выдаются в АРМ диспетчера или в системы диспетчеризации. Упрощенная схема внедренной системы представлена на рис. 1.

Повышение безопасности работы обеспечивает контроль за опасными характеристиками технологического процесса (скорость движения, температура, вес груза и т.д.), а также построение и постоянный контроль маршрутов движения в пространстве и во времени. В случае обнаружения возможной критической ситуации, система может, как сообщить о нарушении диспетчеру, так и самостоятельно воздействовать на управляющие устройства, такие как экстренный тормоз, перевод стрелки, переключение сигнала светофора или шлагбаума, включение аварийного сигнала или системы охлаждения/пожаротушения. Все это, безусловно, возможно только в случае доказанной высокой надежности систем управления.

¹ Заец А.П. – аспирант, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (г. Днепропетровск, Украина)

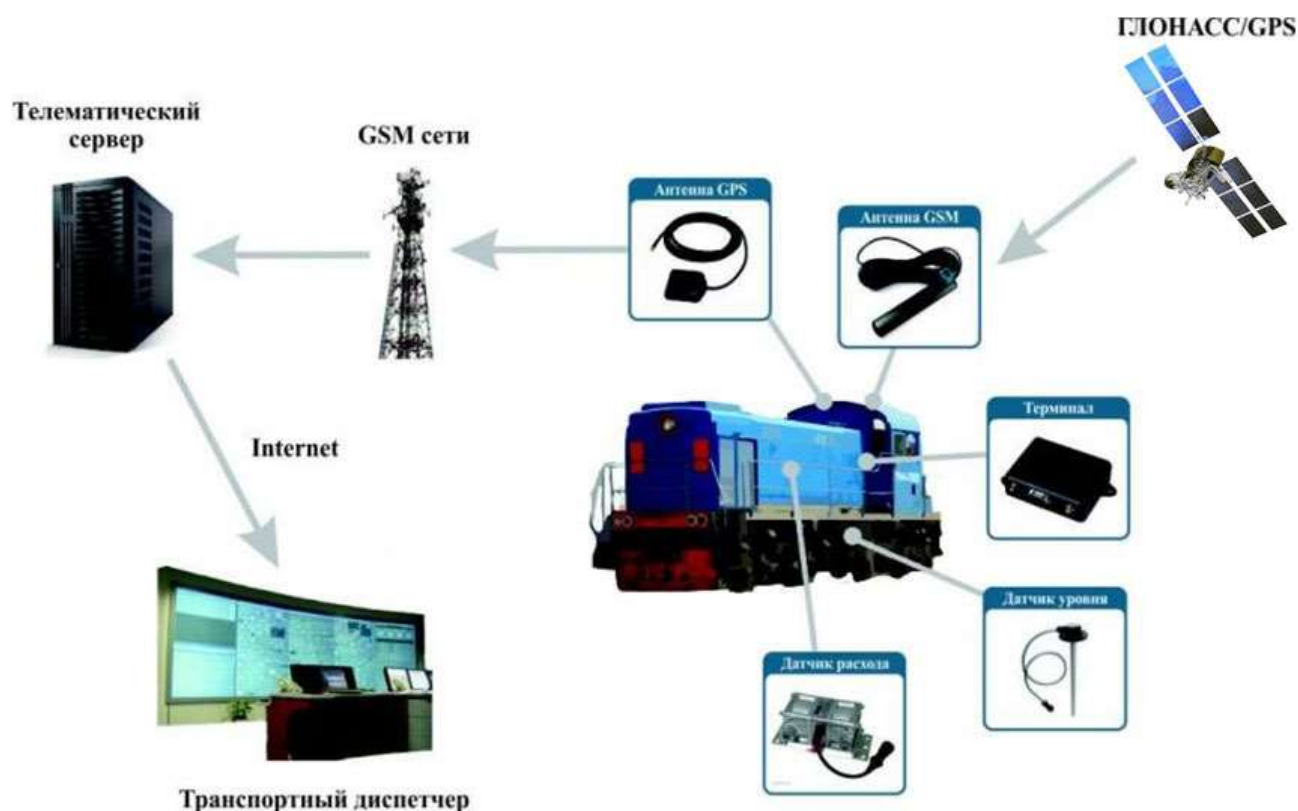


Рис. 1. Упрощенная схема системы, используемой для тепловозов

Повышение качества предоставляемых услуг достигается за счет улучшения систем интервального регулирования (повышение грузопотока и пассажиропотока) на основании навигационных данных, упрощения работы диспетчерам и контролирующим службам путем внедрения интуитивно понятных интерфейсов АРМов и отчетов, автоматическое предоставление конечному пользователю информации о маршрутах, местоположении единиц транспорта. Пример интерфейса отображения местоположения единиц транспорта на карте предприятия с привязкой к железнодорожным путям показан на рис. 2.

Контроль выполнения заданий и маршрутов позволил повысить трудовую дисциплину, равномерно распределить нагрузку между работающими бригадами, автоматизировать подсчет трудозатрат, а также собрать статистические данные для анализа технологического процесса, с целью его дальнейшей оптимизации.

Для контроля выполнения заданий и маршрутов, необходимо внесение в систему информации о гео зонах, точках выполнения заданий, особенностях технологического процесса.

Автоматический учет расходов уменьшил время на обработку данных о затратах, связанных с эксплуатацией транспорта, препятствует хищению горюче-смазочных материалов (ГСМ) и других расходных материалов. Для реализации данной подсистемы было необходимым дополнительное оборудование транспорта специальными датчиками (датчики уровня и расхода топлива, датчики веса и объема, концевые датчики открытия).



Рис. 2. Пример диспетчерского интерфейса

Данные, полученные от датчиков, передаются при помощи трекера (происходит инкапсуляция сообщений протокола обмена между датчиками и трекером в протокол передачи телематической информации) на телематический сервер, где присутствует возможность выдачи данных на текущий момент и данных за заданный учетный период (рис. 3).

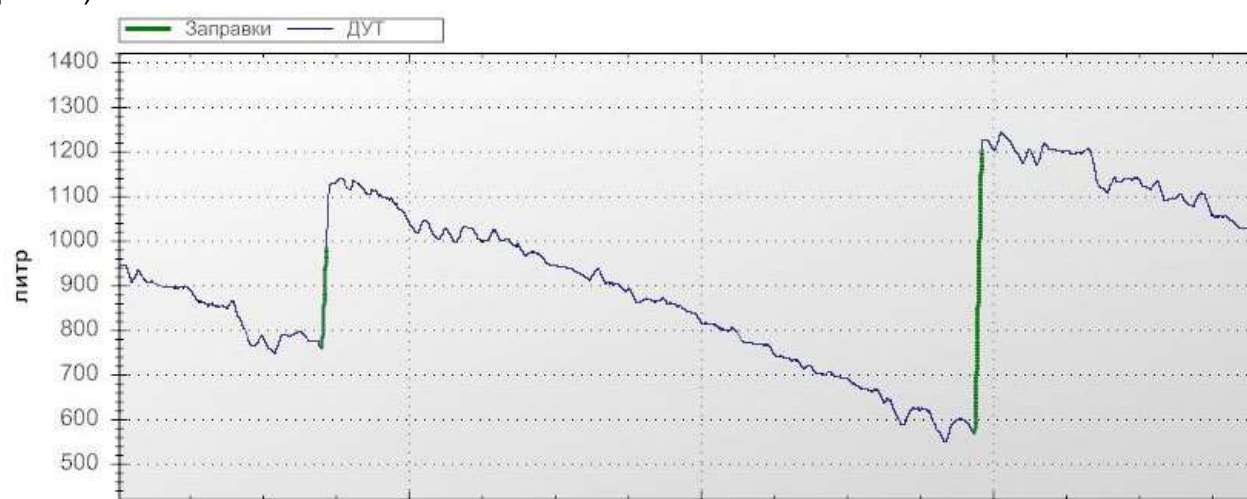


Рис. 3. График изменения уровня топлива в баке тепловоза

Для прогнозирования и предупреждения критических состояний транспортных единиц необходим контроль за его эксплуатационными характеристиками. Для желез-

нодорожного транспорта такими являются потребление ГСМ двигателем, состояние зажигания, мощность и обороты двигателя, положения ручки контроллера машиниста, регламент переключения контроллера, напряжение бортовой сети, температура двигателя, топлива и охлаждающей жидкости, давления тормозной системы.

Анализ изменения данных параметров позволил определить состояние двигателя, системы электрооборудования, топливной системы, тормозной системы и транспортной единицы в целом. Что позволяет прогнозировать плановые и внеплановые ремонты техники.

Внедрение описанной системы на крупном промышленном предприятии дало возможность значительно снизить затраты (до 30%) на содержание транспортного парка (за счет оптимизации маршрутов движения, сокращения простоев, исключения хищения ГСМ, уменьшению численности внеплановых ремонтов), что позволило окупить внедрение системы за 4 месяца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Применения GPS/ГЛОНАСС: Учебное пособие / М.Р. Богданов – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2012 г. – 136 с.
2. Спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС/GPS на железнодорожном транспорте. Часть II. – М.: МИИТ, 2004 г. – 68 с.
3. Система слежения за железнодорожным и автомобильным транспортом <http://ptcor.com.ua/vehicletracking/about>

A.P. Zaets

APPLICATION OF SATELLITE TECHNOLOGY FOR MONITORING, CONTROLLING AND PREDICTING PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF RAILWAY TRANSPORT

This article describes methods of using global navigation satellite technology and wireless communication to locating, monitoring and predicting performance characteristics of railway transport in order to improve its performance and reduce the maintenance costs.

A.P. Zaets – postgraduate, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ТРЕКИНГ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОПОТОКЕ

В работе рассматривается реализация программного обеспечения для идентификации и трекинга объектов на видеопотоке. Основная цель – захватить объект на видеопотоке, находить этот объект в дальнейшем, даже при существенных искажениях его вида.

Потребность идентификации транспортных средств возникает повсеместно. Она решается различными способами: от человеческого фактора до RFID меток. Однако, эти методы затратные, как по финансовым, так по трудовым ресурсам. Система, разработанная мной, может во многом упростить этот процесс. Для её функционирования достаточно обыкновенной камеры, которая одновременно может использоваться как просто камера видео-наблюдения.

Система строится на распознавании любого объекта, выделенного пользователем со “сцены” или загруженной фотографии. Система может также иметь большое количество видов этого объекта, благодаря чему она может в своей базе иметь несколько объектов и успешно распознавать их.

В реальном мире объекты сильно трансформируются во времени. Это затрудняет поиск, так как объект в момент времени t_1 сильно отличается от объекта в момент времени t_2 , если $(t_2 - t_1)$ значительное. Но чем меньше $(t_2 - t_1)$ – тем более похожи виды объекта в эти 2 момента времени и тем проще найти соответствия. Программа запоминает каждую последнюю удачную идентификацию и при потере объекта добавляет её в модель. Данный механизм позволяет успешно обучать программу и распознавать виды объектов, совершенно не похожих на их изначальное состояние.

Распознавание осуществляется с помощью метода SURF. Это один из самых быстрых на сегодняшний день способов нахождения одинаковых точек на изображении. Для достижения этой цели были совмещены и применены несколько методов и техник.

У объекта наблюдения есть несколько ключевых свойств, некоторые из которых облегчают задачу идентификации, а другие – усложняют:

- объект может иметь другой масштаб;
- объект может быть повернут в плоскости изображения;
- объект может быть зашумлен, виден не полностью, частично заслонен другими предметами;
- объект может иметь отличную от образца яркость и контраст;
- объекта может отсутствовать;
- объект должен перемещаться плавно;
- не должна происходить телепортация.

Жизненный цикл приложения подразделяется на следующие основные этапы:

- идентификация и поиск;
- трекинг;
- построение модели объекта.

¹ Куцан А.В. – студент 5 курса, Одесский национальный морской университет (г. Одесса, Украина)

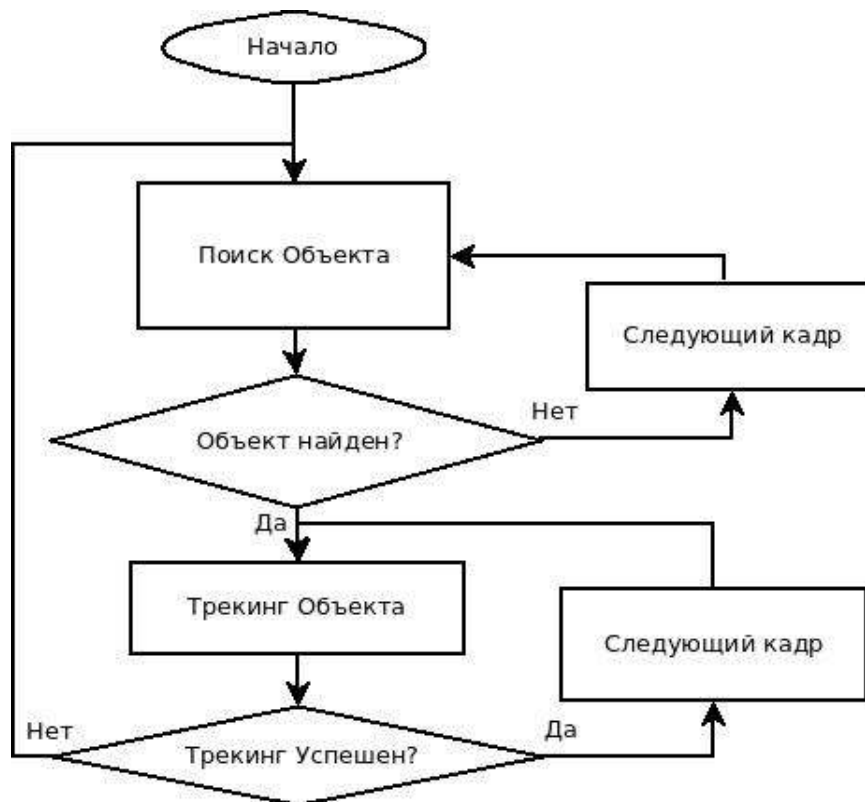


Рис. 1. Жизненный цикл программы.

Идентификация и поиск

Для того, чтобы начать искать объект, должна быть сформирована его модель. Минимальная модель объекта – одно его изображение. Далее программа извлечёт мешок визуальных слов, которые будет использовать для поиска объекта на сцене. Видеопоток это последовательность изображений. Задача поиска на видеопотоке сводится к задаче поиска на изображении. Поиск осуществляется посредством сравнения дескрипторов ключевых точек модели объекта и сцены. Ключевая точка – точка резкого перепада яркости или контрастности. Эти точки находятся с помощью матриц Гессе разного размера. После извлечения местоположения точек, вычисляются их дескрипторы. Дескриптор – массив в 128 (64) значений. Каждый элемент массива – значение градиента в области вокруг точки.[2] Сравнение 2-х дескрипторов это сумма квадратов невязок между ними. Чем сумма меньше, тем более похожи дескрипторы. Сравнивая дескрипторы всех точек модели объекта и сцены можно определить соответствия некоторых точек на объекте и сцене.

Для нахождения соответствий каждая точка на объекте сравнивается с каждой точкой на “сцене” и, исходя из численного значения похожести можно найти соответствие точки объекта точке на сцене. Если объект гарантировано находится на сцене, можно отсекают 10 % лучших соответствий и принимать их как точки объекта на сцене. Однако этот метод очень плохо работает, если объекта на сцене нет, или на сцене находится 2 одинаковых объекта или объект очень схож с окружающим фоном. Для избегания этого применяется поиск однозначных соответствий. Для обеспечения его работы для каждой точки на объекте находится два самых лучших соответствия и если разница численного значения похожести между этими двумя соответствиями достаточно большая, мы можем принять эту точку, если же разница маленькая, то мы не можем

однозначно выбрать одно из двух соответствий точки на объекте точке на сцене. Этот метод работает значительно лучше.

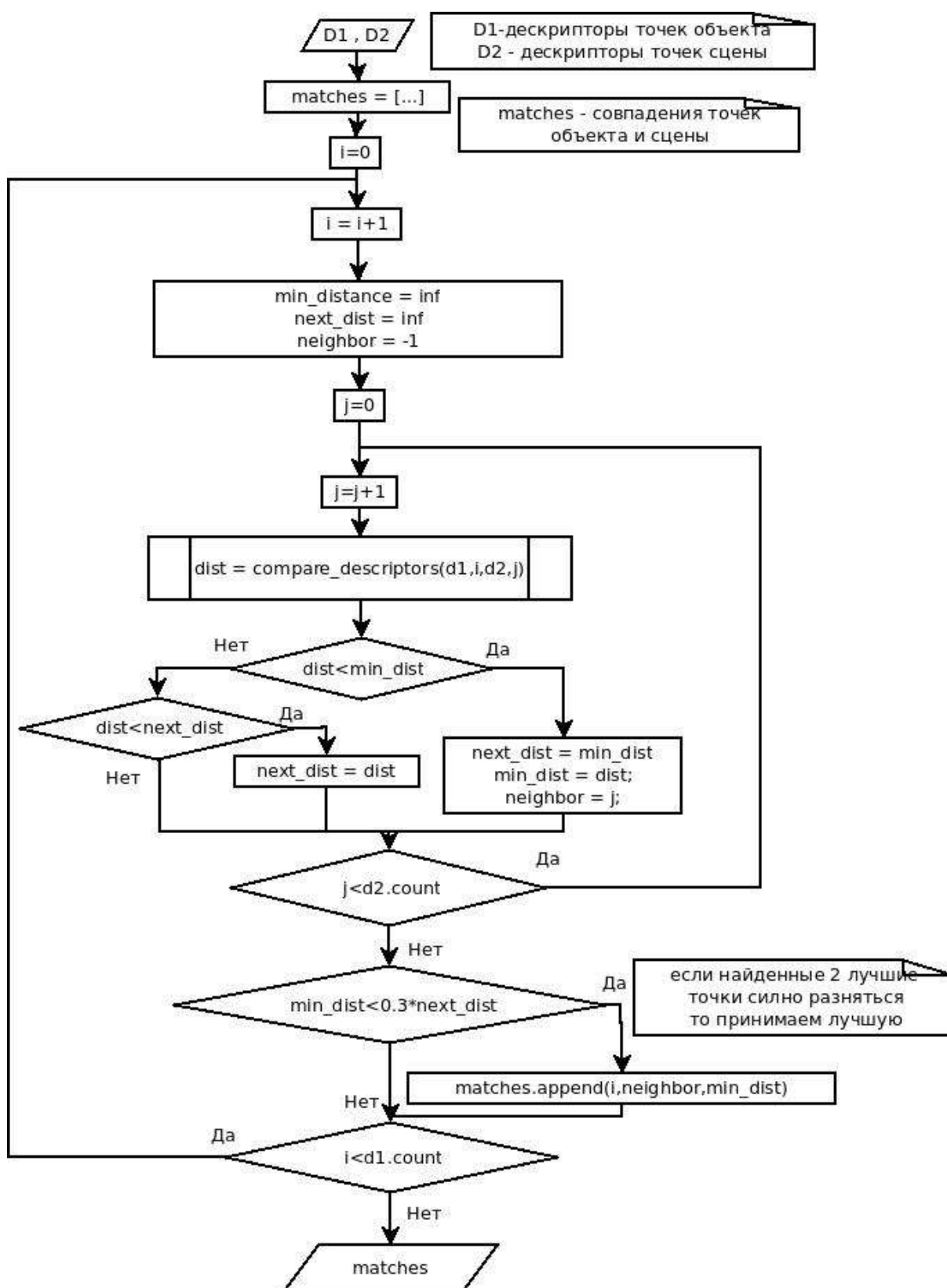


Рис. 2. Сравнение точек объекта и сцены

Применяются также некоторые оптимизации при сравнении дескрипторов, позволяющих проводить не 128 итераций, а значительно меньше, так как учитываются зна-

чения суммы на прошлых точках “сцены” и производится выход при превышении этого значения, даже если не все значения дескриптора уже обработаны.

Данная оптимизация имеет и обратную сторону – она не позволяет распараллелить алгоритм сравнения, так как точка выхода из цикла заранее не известна. На практике вычисления прекращаются в среднем на сороковом – шестидесятом значений дескриптора. Это значит, что отказ от оптимизации имеет смысл в пользу распараллеливания только на машинах с большим количеством ядер, нежели 2.

В целом, данный алгоритм качественно распознаёт объекты. Самая длительная операция – вычисление дескрипторов на сцене каждый раз. Сравнение даже с большим количеством видом объектов – не значительно замедляют работу программы.

Трекинг объекта

Идентификация объекта требует извлечения контрольных точек каждого кадра видеопотока, а это операция длительная и обеспечить хорошую производительность не может даже на самых современных персональных компьютерах. Поэтому, как только объект был найден на сцене, разумно будет перейти на второй этап – трекинг объекта. Трекинг осуществляется посредством двумерной автокорреляции видеопотока с шагом в 1 кадр. Зная контрольные точки, можно проследить их перемещение от кадра к кадру не вычисляя дескрипторы на каждой итерации. При потере объекта методом трекинга, программа возвращается к этапу поиска объекта с помощью извлечения контрольных точек.

Построение модели

Эта очень важный промежуточный этап, так как реальные объекты сильно трансформируются и, порой, начальное изображение объекта не способно обеспечить его поиск уже через несколько кадров. Поэтому модель объекта постоянно расширяется новыми его визуальными состояниями. Расширение происходит каждый раз при потере объекта и при обнаружении нового состояния, сильно отличающегося от имеющихся.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The OpenCV Reference Manual Release 2.4.5.0 April 05, 2013 613,636 стр.
2. Di Zenzo S. “A note on the gradient of multi-image”, Computer Vision Graphics Image Process, Vol. 33. 1986 116-125 стр.

A.V. Kutsan

IDETIFICATION AND TRACING OBJECTS ON VIDEOSTREAM

In this paper is considering the implementation of the software to identify and trekking objects on video stream.. The main goal is capturing the object on the video stream, to find the object in the future, even with significant distortion of its view.

Kutsan A.V. – 5 course student ONMU, Odessa national maritime university

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Рассматривается процесс сбора, обработки и учета интенсивности транспортных потоков в среде специализированной геоинформационной системы ITSGIS.

Разработка интеллектуальных транспортных систем (ИТС) способствует повышению эффективности решения многих транспортных задач. Грамотная организация дорожного движения с использованием ИТС позволяет сделать город удобным и безопасным – как для пешеходов, так и для автомобилистов. Современные ИТС автоматизируют сбор и обработку информации о скорости и плотности транспортного потока на городских автомагистралях, выявление проблемных участков, а также фиксацию нарушений правил дорожного движения пешеходами и водителями, что позволяет повысить эффективность проведения мероприятий по организации движения транспорта.

ИТС – это взаимосвязанный комплекс технических, программных и организационных мер, собирающих и обрабатывающих информацию о характеристиках транспортных потоков и на основе этого оптимизирующих управление движением. Основной задачей ИТС является обеспечение безопасности дорожного движения.

ИТС содержат мощные управляющие вычислительные комплексы и сеть информационных дисплеев. ИТС проводят непрерывный контроль потока транспорта, могут управлять дорожным движением и позволяют перераспределить транспортные потоки по сети. Одной из задач, решаемых ИТС в рамках управления объектами транспортной инфраструктуры, является задача координированного управления дорожным движением, что дает возможность уменьшить время в пути, снизить вредное влияние транспортных средств на экосистему, повысить уровень безопасности на дорогах.

Одной из основных составляющих современных ИТС является геоинформационная система (ГИС) автомобильных дорог, которая предназначена для ведения всей технической и эксплуатационной картографической информации по сети автомобильных дорог в электронном виде. В основе ГИС лежит единая информационная модель сети автомобильных дорог. Система интегрирует в себе результаты паспортизации, инвентаризации, мониторинга и диагностики, сведения о содержании и планах выполнения работ. Система предназначена для применения в органах управления дорожным хозяйством всех уровней (федеральном, территориальном, муниципальном), а также в подрядных организациях. Она может использоваться для управления движением, как на загородных дорогах, так и на городских улицах.

К основным функциям ГИС можно отнести следующие:

- систематизация информации о проезжей части, придорожной полосе, искусственных сооружениях, застройке, зонах затопления, охранных зонах;
- ведение графической и атрибутивной информации по составляющим объектам сети автомобильных и городских дорог;

¹ Михеева Т.И. – д.т.н., профессор кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы» Самарского государственного технического университета; Генеральный директор НПЦ «Интеллектуальные транспортные системы» (г. Самара, Россия)

² Батищева О.М. – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Транспортные процессы и технологические комплексы» Самарского государственного технического университета (г. Самара, Россия)

- совместное представление автомобильных и городских дорог, а также других инженерных коммуникаций на дежурном плане;
- оперативное получение информации об объектах дорожной сети на любом участке;
- планирование работ по реконструкции и ремонту автомобильных дорог и городских улиц;
- контроль сроков и качества выполнения работ;
- графическое отображение на дежурном плане ремонтируемых и реконструируемых участков дорог и инженерных сооружений, а также объектов, где планируются работы.

В разрабатываемой ИТС для решения различных задач доступны несколько модулей: Планирование, Описание, Строительство и ремонт, Диагностика, Дислокация объектов и др. ИТС включает в себя системы отчётов, проектирования дорожных знаков. В интеллектуальную транспортную систему г. Самара включена система учёта интенсивности транспортных потоков с использованием ГИС «ITSGIS. Intensity», которая предназначена для обработки данных, полученных в результате проведения измерений интенсивности транспортных потоков на улично-дорожной сети. Она может использоваться как самостоятельный программный продукт или как модуль в «ITSGIS».

«ITSGIS. Intensity» позволяет осуществлять:

- ручной ввод исходных данных, а также импорт данных из файлов других систем учёта интенсивности;
- сбор и передачу необходимых данных в самостоятельные проекты по исследованию интенсивности;
- обработку исходных измерений и вычисление на их основе результативной интенсивности потоков за произвольный период;
- отображение результатов расчёта в виде схемы пункта учёта интенсивности, а также в виде текстового отчёта.

Сбор и анализ дорожной статистики в «ITSGIS. Intensity» производится по следующим параметрам:

- общее количество транспортных средств, прошедших через контролируемую зону за определенный временной интервал;
- количество транспортных средств каждого типа;
- зарегистрированная скорость;
- средняя скорость по всем транспортным средствам;
- дистанция между транспортными средствами;
- загруженность полосы (%);
- остановка транспортных средств;
- заторы.

Сбор данной информации может осуществляться «вручную» специально подготовленными людьми на постах или же механически, например, при помощи электромагнитного контура, устанавливаемого под покрытие дороги и фиксирующего транспортные средства, или при помощи видеосъемки или киносъемки транспортных потоков с последующей обработкой результатов съемки и определения интенсивности и состава движения.

«ITSGIS. Intensity» позволяет пользователю управлять списком проектов по исследованию интенсивности. Такой проект может включать в себя произвольное число пунктов учёта интенсивности, для которых были проведены измерения интенсивности транспортных потоков. Для этого для каждого пункта учёта хранится список измерений, содержащий в себе информацию о дате и времени производимых измерений.

Тип пункта учёта задаётся по шаблону. В «ITSGIS. Intensity» предусмотрены такие распространённые конфигурации пунктов учета, как перегон, перекресток Т-типа, обычный перекресток, кольцо, пешеходный переход, а также другие, более сложные, развязки. При необходимости список шаблонов можно дополнить своими примерами конфигураций.

После ввода исходных данных измерений в «ITSGIS. Intensity» автоматически рассчитывается итоговая интенсивность на пункте учёта за произвольный период. При этом результат зависит от коэффициентов приведения интенсивности к суточной, недельной или годовой, а также от коэффициентов пересчёта одного типа транспортных средств в другой. Поддерживается также расчёт на перспективный период.

Расчет прогнозируемой интенсивности производится следующим образом:

$$N_t = N_o \cdot (1 + B)^t,$$

где N_t – прогнозируемая интенсивность движения на t -й год;

N_o – исходная интенсивность движения;

B – среднегодовой прирост интенсивности движения;

t – перспективный период.

Среднегодовой прирост интенсивности движения принимается на основе анализа изменения интенсивности движения за несколько последних лет.

После выполнения этих и других необходимых расчётов, система выводит полученные результаты на схему пункта учёта. Схема может быть сохранена для последующей обработки. Кроме того, по окончании расчётов формируется подробный текстовый отчёт о проведённых вычислениях.

Таким образом, «ITSGIS» позволяет автоматизировать решение целого спектра задач, связанных с безопасностью дорожного движения и контролем транспорта. Система дает возможность создавать комплексные решения контроля дорожно-транспортной обстановки, объединяющие множество точек контроля, собирать информацию в едином центре управления и передавать ее с одной точки на другую.

Данные, предоставляемые «ITSGIS», могут использоваться ГИБДД, дорожными службами и другим организациями, осуществляющими контроль транспортного сообщения и планирование дорожной сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михеева Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. 2006. №1. – С. 69–75.
2. Михеева Т.И. Моделирование движения в интеллектуальной транспортной системе / Вестник Самарского гос. аэрокосм. ун-та - Самара: СГАУ, 2004. – С. 118–126.
3. Зырянов В.В., Кочерга В.Г. Моделирование транспортных потоков на городской сети // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах / СПб гос. архит.-строит. ун-т. СПб, 2006. – С. 193–197.

4. Михеева Т.И., Михайлов Д.А., Михеев С.В. К вопросу об измерении интенсивности транспортных потоков и визуализации в ITS GIS / Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – С. 180–186.

T.I. Mikheeva, O.M. Batishcheva

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR ACCOUNTING OF INTENSITY OF TRAFFIC FLOWS

This article describes the process of collecting, processing and accounting of intensity of traffic flows in the medium of specialized geographic information system

T.I. Mikheeva – Dr. of Technical Sciences, Professor of «Transport processes and technological complexes» chair of the Samara State Technical University; General Director of SPC «Intelligent Transport Systems» (Samara)

O.M. Batishcheva – Ph.D. of Technical Sciences, docent; Head of «Transport processes and technological complexes» chair of the Samara State Technical University (Samara)

A.E. Макаренко¹

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБСЛУЖИВАНИЯ СУДОВ

Концепция оперативного управления процессом обслуживания судов (ПОС) в портах основывается на общих принципах и методах управления производственно-экономическими системами, к числу которых относятся и морские порты. В статье внимание акцентируется на организации управления ПОС в рамках относительно коротких интервалов времени, соответствующих продолжительности обслуживания судна и разбиваемых в календарном разрезе на сутки и смены, что отвечает потребностям сменно-суточного планирования работы портов.

Сам процесс обслуживания судов и организация управления процессом ориентируется на диалоговый вариант осуществления, основанный на взаимодействии в режиме реального времени функции анализа и регулирования с использованием плановой информации и данных о реальном состоянии ПОС, поступающих в управляющий орган в результате реализации функций учета и контроля.

Следует, что в приведенной постановке обсуждаемая проблема основательно не рассматривалась ни в отечественной, ни в зарубежной теории управления портами. Восполнить хотя бы частично этот пробел – такова цель настоящей публикации.

Как известно, ключевым элементом процесса управления является проблема выбора и оценки управляющих решений, что исчерпывающе отражено в известной модели процесса выбора Р. Акоффа и Ф. Эмери, представленной на рис. 1. Именно эта модель представляется наиболее удачной для отражения комплекса операций, сопутствующих реализации процедуры диалогового режима выбора решений при осуществлении оперативного управления ПОС.

¹ Макаренко А.Е. – ассистент, кафедра «Эксплуатация морских портов», Одесский Национальный Морской Университет (г. Одесса, Украина)

Как видно из рис. 2, общая траектория развития ПОС вырабатывается в блоке планирования путем составления оптимального технологического плана-графика обработки судна (ТПГОС). Эта задача в практических условиях может решаться с использованием приведенной ниже модели:

$$R = \sum_{\alpha=1}^{\omega} C_{\alpha} X_{\alpha} \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_{\alpha=1}^{\omega} \Pi_{i\alpha} X_{\alpha} = Q_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (2)$$

$$\sum_{\alpha=1}^{\omega} X_{\alpha} \leq T^0; \quad (3)$$

$$X_{\alpha} \geq 0, \quad \alpha = \overline{1, \omega}. \quad (4)$$

В модели (1) – (4) приняты следующие обозначения:

i – шифр (номер) грузового люка судна ($i = \overline{1, m}$);

Q_i – весовая загрузка грузовых помещений люка i ($i = \overline{1, m}$);

α – шифр (номер) размещения ТЛ на судне ($\alpha = \overline{1, \omega}$);

X_{α} – промежутки времени, на протяжении которых размещение ТЛ на судне не меняются;

$\Pi_{i\alpha}$ – интенсивность обработки судна, дифференцированная по люкам и вариантам размещения ТЛ;

C_{α} – стоимость содержания ТЛ используемых для обслуживания судна по варианту α ;

T^0 – сталийное (положенное порту) время обслуживания судна.

Смысл условий модели заключается в следующем:

(1) – требования минимизации затрат порта на ПОС;

(2) – условие необходимости плановой обработки каждого люка судна;

(3) – ограничение на продолжительность обслуживания судна;

(4) – условие неотрицательности переменных.

После начала обслуживания судна в соответствии с ТПГОС производится съём информации о реальном состоянии ПОС в заранее обусловленные (обычно в середине и в конце смен, в конце суток) или в произвольные моменты времени и реализуются функции учета и контроля информации с передачей ее в блок анализа для обработки с целью выбора необходимого управляющего решения, которое выступает в качестве регулирующего воздействия на ПОС. при этом используются различные метода анализа, наиболее перспективным среди которых в случае ПОС является интегральный метод анализа, позволяющий выявлять и количественно оценивать степень влияния воздействовавших на ПОС факторов.

Актуальным для практики работы портов является анализ двух показателей ПОС – продолжительности грузовой обработки судна и расходов порта на обслуживание судна, рассчитываемых по следующим формулам:

$$T_n = Q_n / P_n Z_n; \quad (5)$$

$$T_{\phi} = Q_{\phi} / P_{\phi} n_{\phi} Z_{\phi}; \quad (6)$$

$$R_{\pi} = C_{\pi} P_{\pi} n_{\pi} Z_{\pi} T_{\pi}. \quad (7)$$

$$R_{\phi} = C_{\phi} P_{\phi} n_{\phi} Z_{\phi} T_{\phi}, \quad (8)$$

в которых фигурируют плановые и фактические (промежуточные или окончательные) значения показателей ПОС – продолжительности (Т) и загрузки (Q) судна, затрат порта на обслуживание судна (R), производительности (P) и количества (n) технологических линий, расходов порта в единицу времени на обслуживание судна (C), коэффициента, учитывающего уровень организации загрузки-разгрузки судна (Z).

В приведенных формулах показатели Т и R являются результативными, остальные показатели образуют факторные системы. Приращения показателей (положительные, отрицательные) являются основой для оценки сложившейся в ходе реализации ПОС ситуации и выбора адекватных управляющих (регулирующих) воздействий на процесс обслуживания судов по схеме диалогового режима управления.

Как показывает опыт [5], диалоговые системы обеспечивают наибольший эффект при осуществлении управления на коротких интервалах времени, что характерно для портов.

Диалоговая система управления обеспечивает требуемую оперативность и тесноту взаимодействия между человеком-оператором и ПЭВМ благодаря тому, что последние ведут «разговор» (диалог) по схеме:

- человек задает машине интересующие его вопросы и получает на них ответы от ПЭВМ в естественном ритме разговора, т.е. с паузами, измеряемыми десятками секунд, а в худшем случае - минутами;
- вопросы и ответы формируются на языке, предельно близком к естественному и не требующем специальной подготовки человека-оператора.

При этом функции между оператором и ЭВМ распределяются, исходя из принципа: ЭВМ играет роль хранилища информации и инструмента для ее обработки, а человек принимает решения, управляя поиском путей и ходом решения задания, изменяя алгоритмы и методы с целью оптимизации решения, корректируя в процессе решения задачи исходные данные при оптимизационных расчетах, вводя и обновляя данные для формирования информационных массивов, формулируя запросы для выдачи потребной оперативной информации.

Решение задач планирования и управления в диалоговом режиме представляет собой стандартную процедуру, которая включает:

- составление исходного варианта решения рассматриваемой задачи (выполняет ЭВМ по заранее составленной программе);
- анализ исходного варианта решения или его отдельных результатов (выполняет человек).

Если в результате решения исходный вариант решения задачи или ее этапа признается удовлетворительным, диалог завершается. В противном случае он продолжается путем последовательных запросов с целью уточнения отдельных результатов решения, а при необходимости - корректировки исходных данных.

В последнем случае составляется новый вариант решения, который затем анализируется, корректируется или заменяется очередным вариантом и т.д.

Взаимодействие между оператором и ЭВМ осуществляется через терминалы, имеющие экран (дисплей) и клавиатуру и работающие под управлением как оператора, так и ЭВМ. При этом используется язык диалога, который разрабатывается применительно к конкретным вычислительным системам, решаемым задачам и особенностям терминальных устройств.

Реализация диалогового режима управления требует разработки развитого математического обеспечения, элементами которого являются:

- программы составления варианта решения задачи и выполнения процедур обработки варианта или его отдельных показателей;
- язык общения системы «оператор–ЭВМ» (внешний язык): интерпретатор внешнего языка;
- диспетчер диалогового режима;
- программа обновления системы [6].

В режиме диалога можно решать следующие задачи:

- 1) составление и ведение непрерывного плана-графика работы порта;
- 2) составление сменно-суточного плана работы порта;
- 3) составление сменного плана работы порта;
- 4) составление плана обработки судна;
- 5) расстановки бригад по объектам работ;
- 6) составление грузового плана судна [1].

Первые пять задач охватывают основные разделы внутрипортового оперативно-календарного планирования. Решение этих задач предусматривается выполнять по следующей схеме:

1) прибывшие в порт суда ранжируются по их приоритету на первоочередную обработку. Тем самым устанавливается «вертикальная» очередность обработки судов на отдельных причалах;

2) для всех рассматриваемых судов определяется технический и оптимальный предел концентрации на них ТЛ. Технический предел концентрации рассчитывается для всех возможных вариантов обработки судна (только береговыми перегрузочными машинами, береговыми и судовыми обработка на один и два борта и т. д.). Для тех же условий определяется и оптимальный предел концентрации;

3) в режиме диалога для каждого судна определяются технологические параметры процесса его обработки: уточняется набор технологических схем; количество грузов, подлежащих перегрузке по каждой технологической схеме; фиксируется фронт обработки судна (причал, склад, железнодорожные пути, перегрузочные машины и другие средства);

4) в режиме диалога для каждого судна рассчитывается количество трудовых ресурсов, перегрузочных и технических средств, исходя из оптимального уровня концентрации ресурсов на судне. Одновременно уточняются технологические параметры процесса обработки судна;

5) в режиме диалога параметры плана обработки каждого судна согласовываются с естественными и заданными ограничениями, обусловливаемыми судном и причалом;

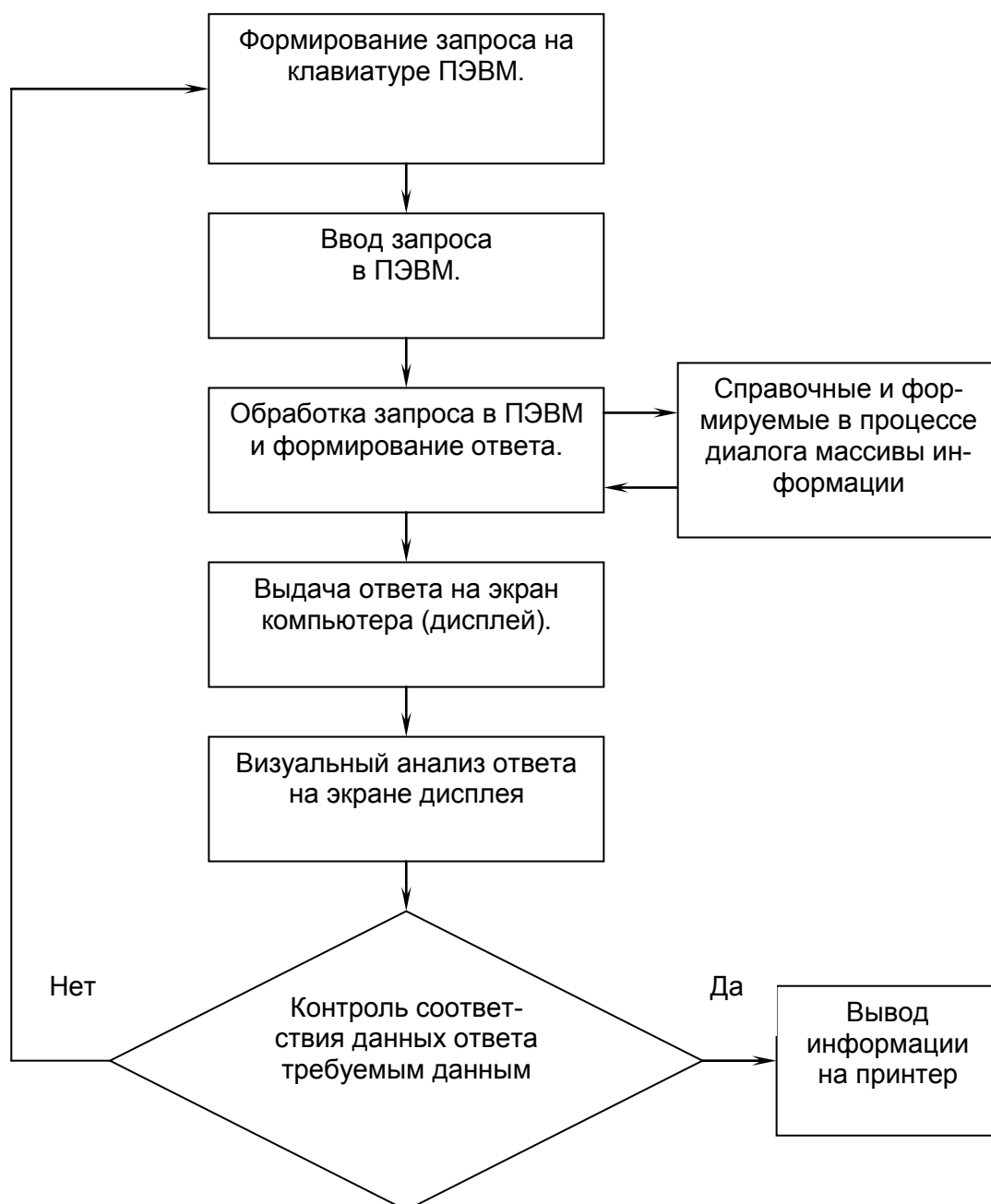
6) составляется исходный (сбалансированный по ограничениям) вариант календарного плана обработки каждого судна (ТПГОС);

7) в режиме диалога ресурсы распределяются между судами по их приоритету на первоочередную обработку. В итоге формируется «горизонтальная» очередность обработки судов, причём к рассмотрению суда принимаются в соответствии с их позициями в «вертикальной» очередности;

8) для каждого судна составляется окончательный вариант календарного плана обработки (ТПГОС);

9) показатели ТПГОС сводятся в соответствующие планы работы порта (декадный, сменно-суточный, сменный).

Изложенная процедура диалогового режима составления календарных планов работы порта является стандартной. Она применима для планирования обработки су-



дов и работы порта на любые промежутки времени, при любой детализации планов и их показателей и может быть организована по типовой схеме, показанной на рис. 3.

Рис. 3. Обобщенная блок-схема диалоговой системы планирования обработки судов

Из схемы видно, что диалоговый режим составления календарных планов работы порта представляется достаточно простой процедурой. Его эффективность, зависит главным образом от правильного выбора структуры диалога оператора и ПЭВМ и совершенства диалогового языка.

Следуя рекомендациям [7], необходимо учитывать, что потребителями информации являются специалисты, хорошо знающие существо обрабатываемой в процессе взаимодействия с ПЭВМ информации и имеющие большой опыт в применении профессиональных терминов.

Это обуславливает целесообразность построения диалогового языка в виде законченных предложений на морском эксплуатационном диалекте усеченного естественного языка [8].

Весьма важным параметром диалоговой системы является продолжительность поиска машинного ответа на заданный оператором вопрос. Выполненные в этой связи психологические исследования и эксперименты показывают, что если человек, взаимодействуя с ЭВМ, непрерывно обдумывает и одерживает важнейшую информацию в своей памяти, то время ответа ЭВМ на его запрос должно быть минимальным. Так, например, при разовом запросе время ответа не должно превышать 15 с, а при непрерывном диалоге – оно должно быть не более $(2\div 3)$ с. В противном случае человек-оператор под воздействием нервных нагрузок, повышающих рассеянность и невнимательность, может терять из своей памяти кратковременно хранимую информацию по запросу, в результате чего диалоговое взаимодействие оказывается неэффективным [16].

Если взять в качестве примера Одесский морской торговый порт, то интегрированная система портового сообщества ИС ОМТП (рис.4.) на данный момент является одной из совершенных на данный момент, которая функционирует в портах Украины. В целом из себя она представляет различные модули, которые сопряжены между собой, хотя работают автономно независимо друг от друга. Следует остановиться на ней более подробно.

Единая информационная система – это система портового сообщества Одесского порта, которая объединяет в единое информационное пространство всех участников процесса перевалки груза через порт ГП ОМТП, партнеров порта, агентов, экспедиторов, грузоотправителей, грузополучателей, перевозчиков и контролирующие органы.

На уровне горизонтальной интеграции, происходит объединение информационных потоков между одесским портом, партнерами порта и контролирующими органами: в частности, -агентирующие компании участвуют в предоставлении свободной практики судна, экспедиторы в отслеживании движения транспортных средств через проходные порта, компания евротерминал «Сухой порт» в обеспечении таможенного режима движения грузов.

Стивидорные компании, работающие в порту: в получении оперативной информации по подходам и обработке судов, автомобилей, вагонов. Контролирующие органы со своей стороны участвуют в процессе предоставления судну свободной практики в порту и выполняют контроль за перемещением импортных грузов.

На уровне вертикальной интеграции, система позволяет формировать и предоставлять обязательную статистическую отчетность в вышестоящие структуры и оперативную статистическую отчетность клиентам порта.

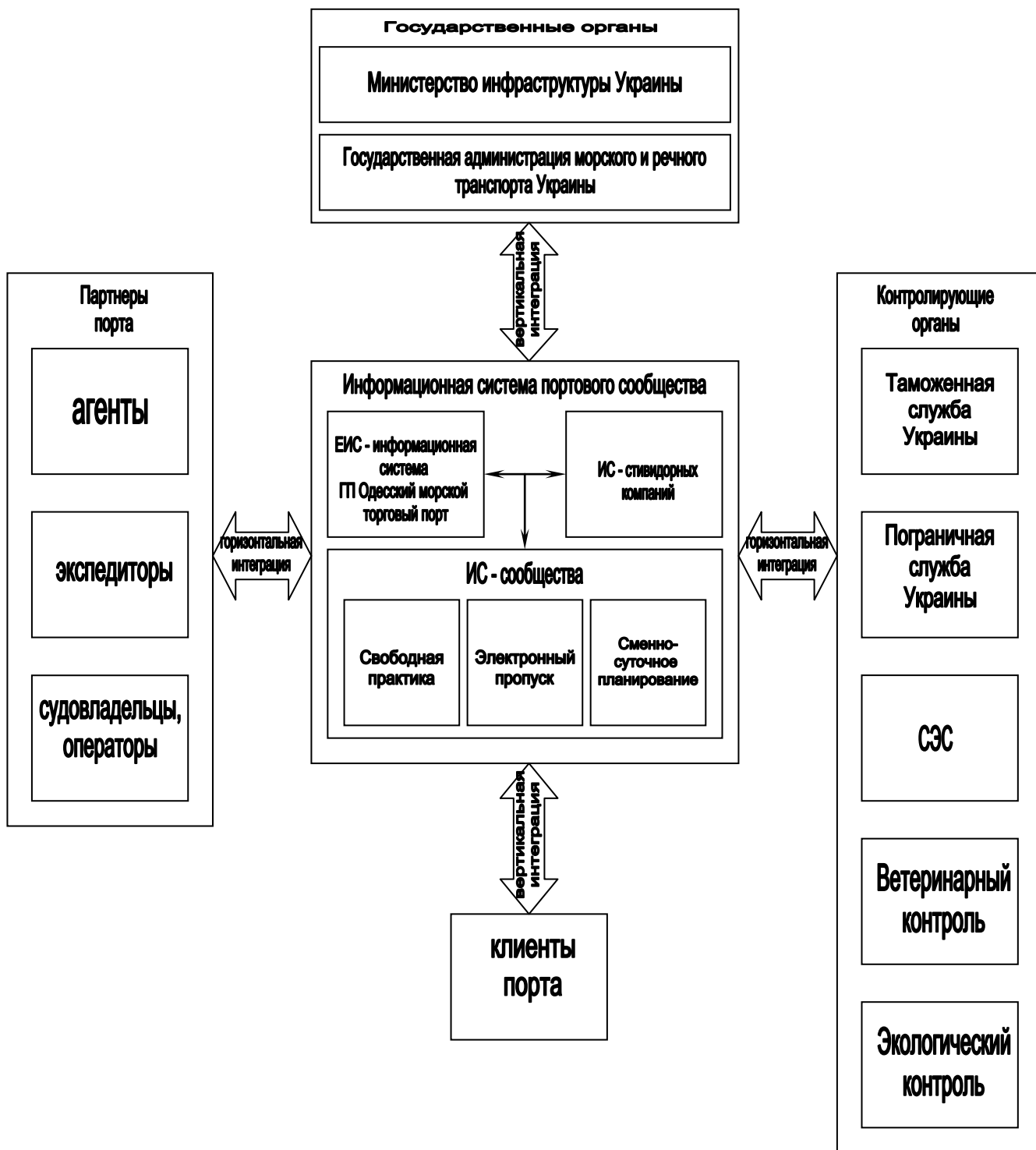


Рис. 4. Структура Единой Информационной Системы ГК ОМТП

Ядром информационной системы портового сообщества является единая информационная система ГП ОМТП, которая включает в себя различные модули по обработке транспорта: автомобилей, вагонов, флота; по обработке грузов: контейнеров, генеральных грузов, сыпучих грузов, наливных грузов по системе контроля доступа, как для пешеходного легкового транспорта, так и для грузового автотранспорта.

Информация вносится в вышеуказанную систему на основе факсимильных заявок поступающих в порт от экспедиторов и агентов судовладельца. В этих заявках указывается наименование груза, его количество, наименование судна с краткими техническими данными. Вся поступающая информация этих факсимильных сообщений фикс-

сируется в ИС ОМТП, данные по судам их характеристики, наименование грузов, ППК вносятся в базу данных. При вводе данных факсимильного сообщения в ИС указываются также даты «лейкен» возможного начала грузовых операций, эти даты согласовываются с начальниками грузовых районов порта (стивидорных компаний), поэтому делается несколько копий (факсимильного сообщения) далее по тексту «заявок», эта заявка подтверждается ППК с указанием своей возможной даты начала грузовых операций с заявленным судном. Таким образом, формируется предварительный ССП работы порта, данные в течение рабочих смен уточняются, то есть план и факт. На основе полученной информации программа подсчитывает общее количество перегруженных тонн груза отдельно по ППК и порту в целом, а также по номенклатуре груза. По отработанным заявкам, то есть по обработанным судам, формируется так называемое «пароходное дело», которое хранится 3 месяца. В системе также предусмотрена, корректировка данных, так как в процессе работы, даты подхода судов, а также наименование и характеристики судов могут меняться (иногда за день по 3 раза на один и тот же груз).

Но следует указать на один недостаток: данная система не предусматривает оперативный анализ процесса обработки судов по результатам которого могут вырабатываться своевременные управляющие решения, направленные на предотвращение отрицательного воздействия факторов, выявленных при анализе итогов только что завершенной обработки конкретных судов на конкретных причалах, в конкретных организационно-технологических условиях реализации грузоперевалочного процесса и т.д.

В работе модуля «Обработка флота» участвуют: главная диспетчерская порта, диспетчерская нефтерайона, служба капитана порта, служба флота, а также стивидорные, агентирующие компании и контролирующие органы. Каждая из служб занимается оформлением своей части при обработке судна.

Сначала главная диспетчерская для сухогрузного флота, либо диспетчерская нефтерайона для наливного флота, оформляют в системе заявку агента, формируя тем самым подход судов в порт. При оформлении заявки, вносятся сведения о судне: минимально необходимая справочная информация, - наименование и максимальная длина судна информация о планируемых датах прибытия, партия груза, как на выгрузку, так и на погрузку, комплексов и причалов выгрузки и погрузки.

Затем старший диспетчер порта по оперативному планированию главной диспетчерской, составляет сменно-суточный план обработки судов на сутки, - используя заявки о подходе введенные ранее, и информацию об уже обрабатываемых судах. В плане указывается планируемые для выгрузки или погрузки тонны по каждому судну, количество задействованных людей на всех комплексах порта по каждой смене.

Кроме этого старший диспетчер составляет план швартовых работ, по всем причалам порта, где указывается направление перемещения судов: постановка на рейд либо к причалу с подхода, перестановка между причалами порта, убытие с рейда либо с причала, а также вносятся комментарии необходимые главной диспетчерской и всем остальным службам для работы в течение суток.

Диспетчер порта осуществляет координирование процесса предоставления судну свободной практики между агентирующими компаниями и контролируемыми службами для возможности начать грузовые работы сразу после прихода судна, не ожидая результатов работы комиссии. Агентирующие компании загружают в Единую информаци-

онную систему всю необходимую информацию в электронном виде, а контролирующие органы в свою очередь проставляют электронную отметку о своем решении.

Служба капитана порта фиксирует в системе дату и время фактически выполненных швартовых работ по судну, переводя, тем самым, судозаход из состояния «подход» в состояние «под обработкой». Затем – после предоставления агентствующей компанией всех необходимых документов – служба капитана порта оформляет «приход», внося уже полную справочную информацию по судну, которая с этого момента является официальной для работы всех служб порта участвующих в процессе обработки судна.

В течение всего времени обработки судна все службы вносят информацию о различных работах и операциях проводимых с ним в порту:

- главная диспетчерская: о готовности к работам;
- комиссии: о грузовых операциях;
- служба капитана порта: о перешвартовках;
- служба флота: о судах порта участвующих в швартовых работах.

В конце каждых суток Главная Диспетчерская фиксирует оперативные данные по грузовым работам: выполнение сменно-суточного плана по каждому судну и каждому комплексу, указывая количество переработанных тонн груза по сменам и время начала и окончания грузовых работ.

После завершения обработки судна службами и капитаном порта оформляется разрешение на отход – главная диспетчерская включает это разрешение в план швартовых работ. Фактическое убытие в системе оформляется опять служба капитана порта, переводя «судозаход» в состояние «уход».

В любой момент все службы порта участвующие в обработке флота могут формировать как оперативную отчетность (например, Ежедневную диспетчерскую сводку по порту), так и статистическую отчетность.

Таким образом «Единая информационная система» разработанная службой информационных технологий является связывающим звеном между участниками процесса обработки судна в Одесском Морском Торговом Порту.

Основными проблемами построения диалоговых систем, позволяющих максимально автоматизировать работу всех подразделений порта, являются:

- повышение достоверности полученной информации,
- разработка программного алгоритма, позволяющего визуально отображать все происходящие на складе или причале в виде графической имитации на мониторе ЭВМ.

Так, к примеру, есть ряд программ, которые на этапе планирования обработки судна (в данном случае составления грузового плана судна) позволяют отображать само судно в продольном и поперечном сечении с количеством груза в трюмах. Существуют также программы для диспетчерских порта, которые наглядно отображают карту (лоцию) акватории порта с маршрутами передвижения судов – на них отображается не только название судна и его параметры, но и скорость его передвижения, и ожидаемое время прибытия судна в точку приема. Данная информация, отображаемая на мониторе компьютера, позволяет диспетчеру порта принимать оперативные реше-

ния – в частности решение о выходе лоцманского катера в точку приема или буксира для «затягивания» судна в порт.

Дальнейшие шаги в решении проблем видятся в разработке методики количественной оценки влияния уровня организации ПОС (Z) на результативные показатели. Исследования в этом направлении проводятся автором в Одесском национальном морском университете.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанец А.В. Оптимальное оперативное управление работой морского порта. – Владивосток: ИНТЕРМОР, 1999. – 230 с.
2. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем: М.: Наука, 1981. – 384 с.
3. Бакаев А.А., Костина Н.И., Яровицкий Н.В. Имитационные модели в экономике. – К.: Наук. думка, 1978. – 304 с.
4. Воеводский Е. Н. Управление на морском транспорте: Учеб. Для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 366 с.
5. Диалог пользователя и ЭВМ. Основы проектирования и реализации /Довгялло А.М. – К.: Наук. думка, 1989. – 232 с.
6. Брановицкий В.И. Инструментальные средства ведения диалоговых режимов. – К., 1987. – 88 с.
7. Машинное обучение с помощью диалога (материалы семинара). – М.: МДНТП, 1986. – 155 с.
8. Компьютер и задачи выбора /Автор предисл. Ю.И. Журавлев. – М.: Наука, 1989. – 208 с.
9. Экономико-математическое моделирование деятельности флота и портов /В.С. Михалевич, А.А. Бакаев, В.С. Петухов и др. – М.: Транспорт, 1986. – 287 с.

A.E. Makarenko

THE PROCESS CONTROL MODEL SERVICING OF VESSELS

The concept of the operational a process control service vessels (CSV) of the ports based on the general principles and methods of control of the production and economic systems, which include sea-cal and ports. The article focuses on the organization of management of CSV in the relatively short time intervals corresponding length of service of the vessel and breaks in the calendar section on the night shift and that meets the needs of shift-day planning of ports.

Makarenko A.E., assistant, Chair of the “Sea Ports Operation”, Odessa National Maritime University

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ.

В статье рассматриваются основные положения организации и работы транспортных грузовых комплексов с использованием системы спутникового позиционирования объектов. Приводятся базовые алгоритмы работы отдельных элементов и преимущества внедрения интеллектуальных транспортных систем.

В современном мире использование информационных систем и достижений современной науки является необходимым условием развития и усовершенствования всех аспектов как производственной, так и транспортной деятельности.

Основой успешного развития современного транспорта является внедрение в работу таких элементов как автоматизированные системы управления движением поездов, спутникового позиционирования объектов, а также создание единого информационного пространства и развитие современных систем обмена данными. Своевременная, полная и достоверная информация о текущем местоположении транспортных единиц, их назначении и текущем состоянии позволит в значительной мере усовершенствовать все аспекты работы как железнодорожного, так и смежных видов транспорта, а также приблизиться к созданию полноценного интеллектуального железнодорожного транспорта (рис. 1) [1, 2].



Рис. 1. Основные составляющие интеллектуального железнодорожного транспорта

¹ Огороков А.М. – старший преподаватель, кафедра «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (г. Днепропетровск, Украина)

Такой шаг, как внедрение в транспорт интеллектуальных систем, предусматривает не только создание широкой транспортной, информационной и социальной инфраструктуры, но и внедрение подобных технических новшеств на этапе начально-конечных операций (подвоза-вывоза груза смежными видами транспорта, складирования, грузопереработки), что позволит объединить все элементы единой целью – оптимизацией работы транспорта, повышением уровня транспортного сервиса и снижением себестоимости транспортного процесса [2, 3]

Для решения вышеуказанных задач, кроме решения уже приведенных задач, необходимо развитие высокопроизводительной транспортно-логистической инфраструктуры, обеспечивающей высокую коммерческую скорость и надежность транспортных услуг, в том числе благодаря широкому внедрению интеллектуальных транспортных систем.

Транспортная стратегия Украины на период до 2020 года предусматривает целый ряд мероприятий направленных на развитие транспортной системы, одним из основных направлений является создание сети транспортно-логистических центров, которые являются одними из ключевых элементов транспортно-логистической инфраструктуры. В пределах комплексов организуется переработка грузопотоков, приём-выдача грузов, а также прием-передача их на смежные виды транспорта. Как показывает проведенный анализ, именно на этапе нахождения грузов в данных комплексах наблюдаются значительные задержки грузов и, соответственно, удорожание всего процесса транспортировки.

В настоящее время железнодорожные грузовые комплексы работают фактически в режиме неопределенности.

Отсутствие систем определения текущего местоположения подвижного состава как железнодорожного, так и других видов транспорта, а также моделей прогнозирования времени их прибытия вынуждает при определении технических и технологических параметров данных комплексов считать интервалы прибытия подвижных единиц случайной величиной.

Следствием этого является избыточное техническое оснащение и излишки складских площадей, которые закладываются на этапе проектирования для обеспечения возможности работы в период сгущенного прибытия поездов и вагонов.

Для организации эффективной работы грузовых комплексов, а также решения задач оперативного управления ими, существенную помощь могут оказать интеллектуальные транспортные системы, в частности системы спутникового позиционирования объектов. Это следствие того, что эффективная работа грузового комплекса, который является динамичной системой, в пределах которого происходит взаимодействие различных видов транспорта, в значительной мере зависит от наличия информации о текущем положении подвижного состава разных видов транспорта [6].

Обеспечение эффективного оперативного управления работой грузового комплекса требует наличия значительного объема информации и решения значительного количества задач, основные из которых приведены на рис. 2.



Рис. 2. Основные задачи, обеспечивающие оперативное управление транспортным комплексом

Рассмотрим более детально приведенные комплексы задач.

Прогнозирование прибытия поездов, вагонов и грузов является важной задачей, способной снизить уровень неопределенности работы грузовых комплексов, что значительно образом снизит себестоимость их переработки [4].

Алгоритм решения задачи прогнозирования прибытия поездов имеет следующий вид (рис. 3).

Комплекс исходных данных включает в себя значительный объем информации, в которую включаются как условно-постоянные данные (максимальная скорость движения поездов, расстояния перемещения), так и переменные (действующие предупреждения и ограничения скорости, предоставление окон для ремонта пути, наличие на станции свободных поездных локомотивов, погодные условия и т.д.). Вся эта информация собирается на серверах, после чего используется в качестве исходных данных, вводимых в разработанную модель перемещения подвижного состава, результатом моделирования является время прибытия поезда на ту или иную станцию.

Получение достоверной информации о времени прибытия поездов, назначении вагонов в их составе, а также типе и принадлежности грузов в вагоне позволит [4, 5]:

- 1) организовать своевременную подготовку к переработке вагоно- и грузопотока;
- 2) оптимизировать использование складских площадей, погрузочно-выгрузочных машин, маневровых средств;
- 3) сократить количество основных средств, благодаря оптимизации их использования;
- 4) более полно реализовать логистическую концепцию организации перевозок «точно в срок».



Рис. 3. Алгоритм решения задачи прогнозирования времени прибытия

В соответствии с приведенным на рис. 2 алгоритмом следующей задачей, которую необходимо решить для оптимизации оперативного управления транспортным комплексом, является оперативное управление работой маневровых локомотивов, которые обслуживают данный грузовой комплекс. В решении этой задачи также существенную помощь могут оказать системы спутникового позиционирования объектов.

Системы мониторинга работы маневровых локомотивов основываются на оснащении каждой маневровой единицы системой спутникового слежения (GPS, Глонасс), а также блоком передачи данных о текущем состоянии объекта в режиме реального времени. Передача данных о состоянии маневрового локомотива может осуществляться через GPRS устройства по сетям мобильной связи.

Все данные, передаваемые о маневровых локомотивах, можно условно разделить на две группы – данные о местоположении и данные о текущем состоянии. При этом наличие полноценной информации по данным направлениям позволит в свою очередь достигнуть ряда преимуществ (рис. 4).



Рис. 4. Преимущества использования системы мониторинга работы маневровых локомотивов

Обработка данных, поступающих с маневровых локомотивов, выполняется с помощью разработанной модели работы транспортного комплекса. Результирующие данные поступают в систему поддержки принятия решений, с помощью которой диспетчер планирует работу локомотивов.

Еще одним важным фактором, определяющим эффективность работы железнодорожных грузовых комплексов, является организация взаимодействия различных видов транспорта, которые взаимодействуют в пределах комплекса.

Основой согласованного взаимодействия является наличие информации о текущем и потенциальном положении подвижного состава разных видов транспорта и о его состоянии. Схема сбора и обработки данных в данном случае аналогична той, которая использовалась для прогноза прибытия поездов (рис. 5).

Для моделирования работы транспортного грузового комплекса исходные данные о прибытии вагонов, грузов и автотранспорта, а также о состоянии маневровых локомотивов берутся по результатам работы соответствующих моделей, а данные о состоянии складов комплекса и погрузочно-разгрузочных машин (ПРМ) берутся из автоматизированной системы управления транспортным грузовым комплексом.

Совокупность всех перечисленных систем организации работы элементов транспортного складского комплекса, наличие полной информации и использование разработанных моделей работы комплексов позволяет организовать согласованное прибытие транспортных единиц, а как следствие – оптимизировать работу складов за счет организации работы по прямому варианту, а также сократить необходимое техническое оснащение комплексов.



Рис. 5. Алгоритм организации согласованного прибытия транспортных единиц

Как показывает опыт внедрения подобных систем в странах Европы, использование спутниковых систем позиционирования объектов и использование полученной информации в едином информационном пространстве позволяет оптимизировать работу не только магистрального транспорта, а и отдельных его подразделений, таких как транспортные грузовые комплексы [6, 7].

В работе транспортных грузовых комплексов использование подобных систем позволяет оптимизировать использование не только постоянных устройств (складских площадей, грузовых фронтов), но также маневровых локомотивов и погрузочно-разгрузочных машин, что в свою очередь позволит снизить себестоимость переработки грузов и как следствие – уменьшить стоимость транспортных услуг для клиентов транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнеев Н. В. Концепция разработки и создания интеллектуальных человекомашинных систем управления на транспорте [Текст] / Н. В. Корнеев // Машиностроитель : Научно-технический журнал. - 2009. - N 12. - С. 37-40
2. Кисуленко Б. В. Интеллектуальные системы безопасности автомобилей [Текст] / Б.В. Кисуленко, А.В. Бочаров // Автомобильная промышленность. - 2008. - №3. - С. 16-18
3. <http://www.zdt-magazine.ru/publik/exibition/2009/05-09.htm> [Электронный ресурс] – Режим доступа

4. Огороков А.М. Методика тактичного управління транспортним вантажним комплексом / Огороков А.М. // Восточно-европейский журнал передовых технологий, № 6/3 (60), 2012. С.15-18.
5. Нагорный Е.В. Методика оцінки ефективності створення транспортно-вантажних комплексів в Дніпропетровському транспортному вузлі / Нагорний Е.В., Огороков А.М. // Сборник научных трудов Днепроп. нац. ун-та железнодорожн. тр-та им. академика В. Лазаряна. – Д.: Изд-во Днепроп. Вид-во Дніпропетр. нац. ун-та железнодорожн. тр-та им. академика В. Лазаряна, - 2012. - Вып. 3. – С.73-76.
6. Innova: Журнал о цифровом видеонаблюдении, IP-решениях, системах безопасности. №3 2009 г.
7. Панамарева О. Н. Интеллектуальные транспортные системы – инструмент повышения эффективности экономики России в целом.

A.M. Okorokov

IMPROVING THE OPERATIONAL MANAGEMENT OF RAIL TRANSPORT COMPLEXES BY SATELLITE POSITIONING SYSTEM OBJECTS

The main provisions of the organization and operation of freight transport systems using satellite positioning system objects are considered. Basic algorithms of individual elements and benefits of the introduction of intelligent transport systems are provided.

Okorokov A.M. (Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V.Lazaryan, Department of Management of operational work, senior lecturer)

И.О. Романцев¹

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

В статье приведен принцип совершенствования систем железнодорожной автоматики при использовании координационных данных о месторасположении подвижного состава с возможной корректировкой величин тормозных путей и оптимальным использованием движения на перегоне.

Введение

Современные системы организации движением поездов используют многообразие существующих технических возможностей передачи информации о подвижном составе. Применяемые методы передачи информации по радиоканалу, навигационным данным, мобильной сети пакетной передачи данных используются в полном объеме при формировании безопасных условий ведения поездов. Однако, среди общей тенденции развития не реализуется возможность разграничения пассажирского и грузового движения. Системы автоматической блокировки (АБ), использующие показания светофоров и фиксируемые блок-участки (БУ) рассчитаны, как правило, для наихудших условий движения поезда (категория поезда, скорость движения, масса и др.).

¹ Романцев И.О. – к.т.н., доцент, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (г. Днепропетровск, Украина)

Цель работы

В данной работе для совершенствования систем железнодорожной автоматики приводится: анализ расчетных тормозных путей на примере существующего перегона, проведено размещение контрольных устройств для определения фактического расстояния между подвижными объектами и указан принцип передачи необходимой информации для определения максимального тормозного пути в условиях возможной ограниченности необходимого минимального набора данных.

1. Анализ тормозного пути

Необходимость определения тормозного пути [1] связана с требованиями по обеспечению безопасности в условиях организации непрерывного движения поездов. Расчетное значение тормозного пути находят при проектировании перегонных устройств для расстановки светофоров [2] при их наличии либо для нахождения ординат, в которых необходимо подключить аппаратуру контроля подвижного состава. На рис. 1 изображена кривая скорости [2] движения грузового поезда с максимально допустимым весом.

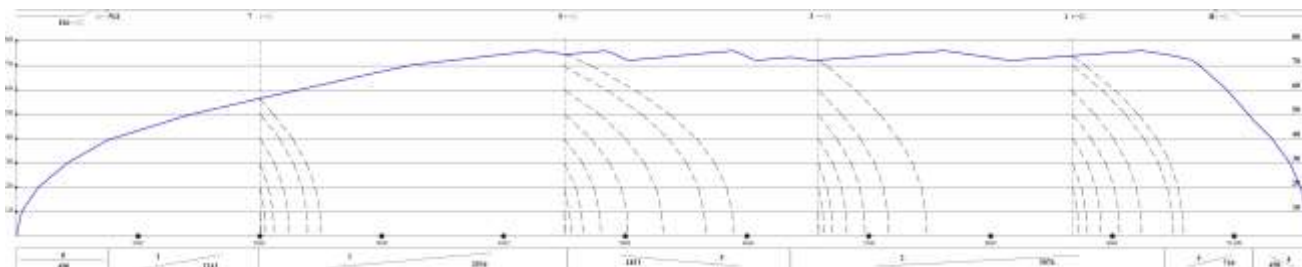


Рис. 1. Кривая скорости движения с графиками кривых торможения при различных фактических скоростях.

Кривые путей торможения показаны от светофоров с учетом различной реальной скорости движения при градации значения 10 км/ч. Для упрощения рисунка не показаны пикеты и ординаты светофоров. Исходя из рис. 1, значение тормозного пути значительно изменяется от текущей скорости движения. Следовательно, при снижении реальной скорости движения существует потенциал уплотнения графика движения поездов, уменьшения времени простоя подвижного состава и разгрузки станции отправления. Результаты значений тормозных путей при движении грузового поезда приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значение тормозных путей от светофоров

Скорость, км/ч	Длина тормозного пути от светофора, м				Свободное расстояние к следующему светофору после остановки, м			
	1	3	5	7	1	3	5	7
MAX	890	920	1391	500	290	1163	694	2000
10	8	8	12	10	1172	2075	2073	2490
20	48	48	57	51	1132	2035	2028	2449
30	118	118	154	126	1062	1965	1931	2374
40	237	237	300	245	943	1846	1785	2255
50	387	387	525	396	793	1696	1560	2104
60	571	579	811	—	609	1504	1274	—
70	826	829	1171	—	354	1254	914	—

Исходя из того, что известны длины БУ, можно определить максимальное значение свободного пути на перегоне при движении по наиболее плотному графику. Оно составляет 4147 м. при длине перегона 9085 м. Т.е. исходя из основ движения, которые закладывают в расчетах, 45 % общей длины перегона находится в состоянии неэффективного использования. Эту длину можно заложить для дальнейших перспектив развития устройств автоблокировки и повышения пропускной способности перегонов [3]. Кроме длины сведены данные про время, затрачиваемое на торможение в зависимости от различных скоростей и номеров светофоров (табл.2).

Таблица 2

Значения времени торможения от текущей скорости

Скорость, км/ч	Длина тормозного пути от светофора, м			
	1	3	5	7
MAX	62,5	59	90	41
10	6	6	7	5
20	13	13	14	12
30	20	20	25	18
40	27	27	36	25
50	35	35	50	33
60	45	47	65	–
70	58	56	80	–

Согласно табл. 2, при одинаковых условиях торможения, включая профиль пути (см. рис.1), длины тормозных участков и время торможения могут быть идентичны, что упрощает их определение. При анализе значений времени торможения видно, что при изменении профиля пути в конце тормозного пути наблюдается расхождение в значениях для 1 и 3 светофоров при скорости 70 км/ч и максимальном значении. Более наглядный вид зависимостей тормозного пути и времени зависимостей тормозных путей представлен на рис.2.

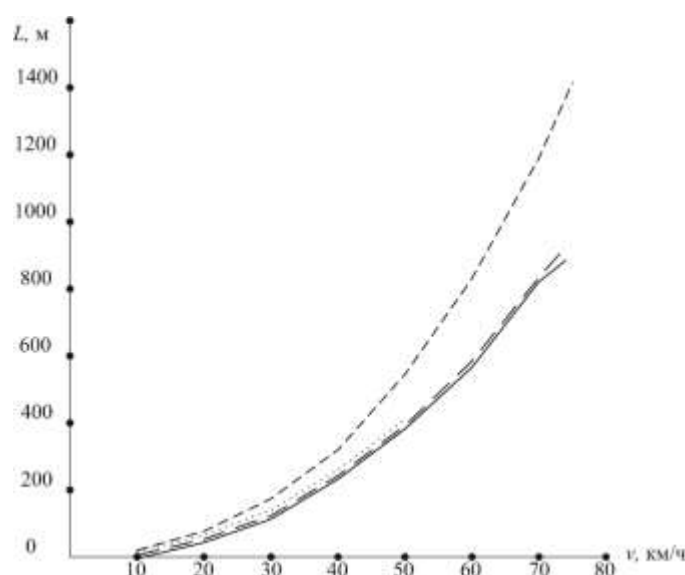


Рис. 2. График зависимостей длин тормозных путей от текущей скорости движения

На рис. 2 показаны графики зависимостей для светофоров:

— светофор №1;

- - - светофор №3;

----- светофор №5;

..... светофор №7.

Исходя из графика (рис.2), скорость движения является более критичной при определении значения тормозного пути, чем профиль пути. Хотя значения текущего профиля пути изменяется в широких пределах (от +4 до -5), отличия в длинах тормозных путей не превышают 56 % при максимальной скорости движения. Анализ временной зависимости длительности торможения приведен на рис. 3.

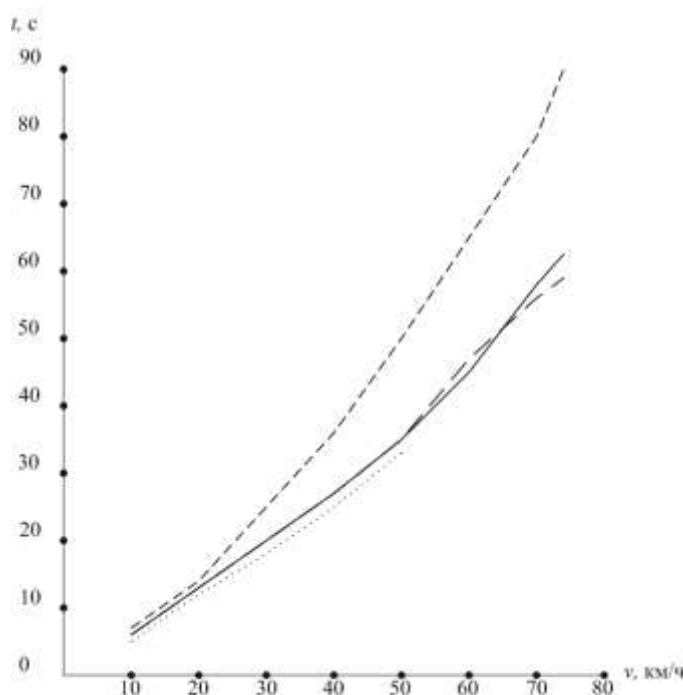


Рис. 3. График зависимостей времени торможения от текущей скорости движения

Согласно анализу зависимости (см. рис. 3) значение времени торможения больше зависит от изменения профиля пути, чем значение длины тормозного пути. В свою очередь, полученные зависимости дают возможность выбрать оптимальное значение времени и длин торможения для реализации режимов оптимального ведения подвижной единицы по заданным критериям. При известных длинах тормозных путей существует необходимость определения фактического расстояния между поездами для выбора режима движения.

2. Размещение контрольных устройств и определение межсоставного расстояния

Для определения фактического расстояний между поездами предусматривается следующее размещение устройств контроля подвижного состава, приведенное на рис. 4.

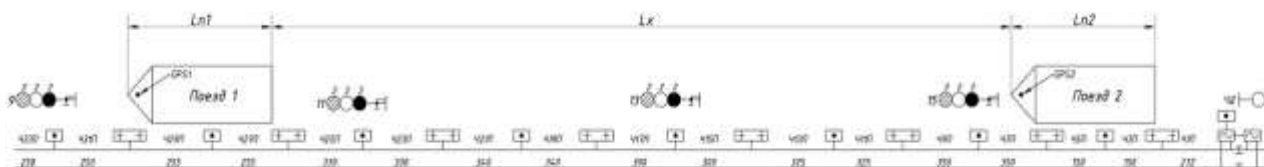


Рис. 4. Размещение устройств контроля подвижного состава.

В качестве датчиков головы подвижного состава используются приемники сигнала позиционирования объектов [4], которые предоставляют информацию не только о координате (ординате) поезда, но и контрольную – текущее значение скорости движения. При известных ординатах головы поезда №1 и поезда №2 фактическое расстояние от 2 поезда до хвоста 1 будет определено по формуле

$$Lx = (O1 - O2) - Lп1$$

где Lx – искомое расстояние; $(O1 - O2)$ – разница ординат головы 1 и 2 поездов; $Lп1$ – длина 1 поезда.

При определении данных о расстоянии между составами находят результат: превышение или не превышение значения тормозного пути, и, как следствие, режим движения локомотива.

Если значение ординаты «своего» поезда №2 известны по состоянию датчика (на рис. 4 обозначен как GPS2), то сигналы от датчика GPS1 необходимо передавать по внешнему каналу (далее в п.3). Определение длины поезда $Lп1$ необходимо осуществить с минимальными затратами ресурсов, поэтому датчик длины поезда предлагается реализовать на существующих элементах (рельсовая цепь перегона или станции [5], дополнительные точечные датчики либо установленные в полуавтоматической блокировке [6] и т.д).

3. Информационная взаимосвязь объектов

При организации непрерывного контроля в безостановочном перевозном процессе общую информацию о состоянии перегона необходимо передавать в центральный пункт контроля (как правило, это – ближайшая станция, ограничивающая перегон). Сложность передачи состоит в том, что с подвижного объекта наиболее удобным способом является передача по беспроводной сети, в т. ч. при использовании пакетных данных мобильного оператора. Взаимосвязь объектов с координационным центром приведена на рис. 5.

На рис. 5 приведены мобильные модули, которые являются датчиками месторасположения объекта. Они принимают сигнал от навигационной системы и определяют координаты и скорость подвижного состава [7]. Промежуточные данные для необходимых вычислений (см. п.1 и п.2) поступают по мобильной сети оператора с использованием GPRS канала от клиента (операторы службы, дороги, дежурные по станции и т. д.) на пункт вычисления. К качеству сети связи клиента с сервером обработки данных показанная сеть «интернет» не принципиальна. Структура сервера имеет вид, представленный на рис. 6.

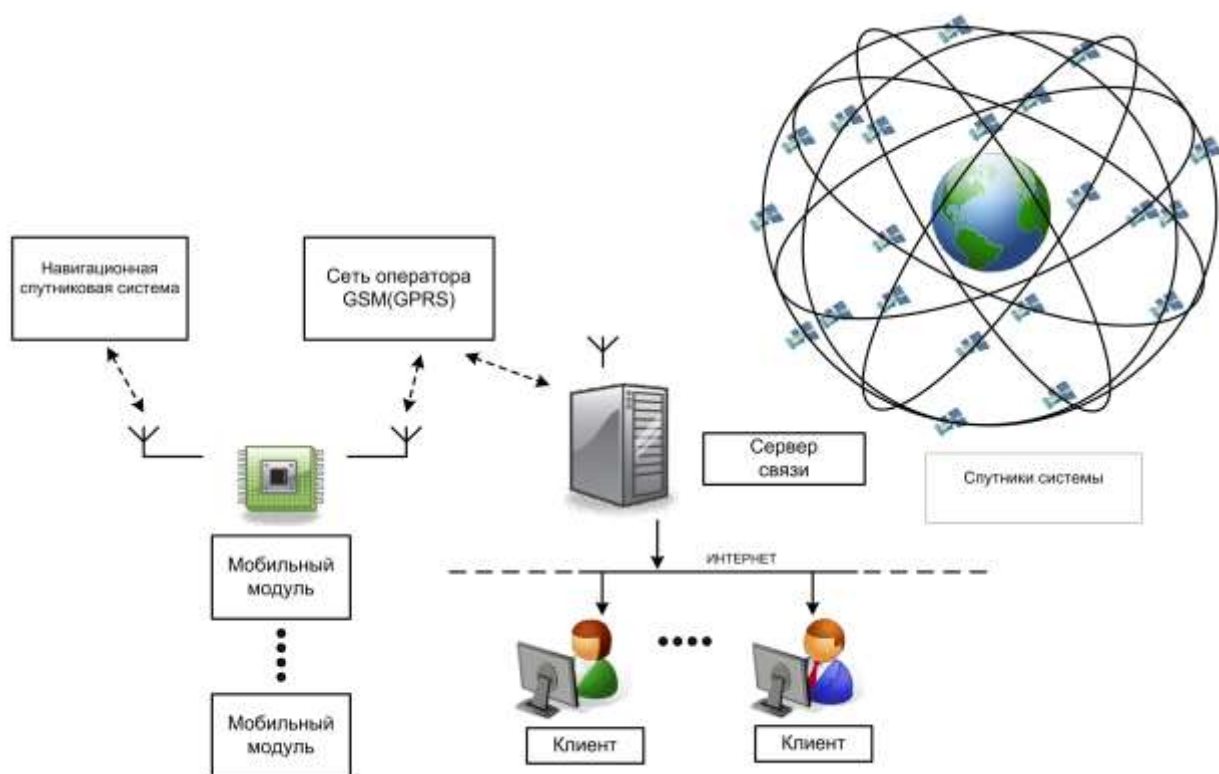


Рис. 5. Взаимосвязь объектов с координационным центром.

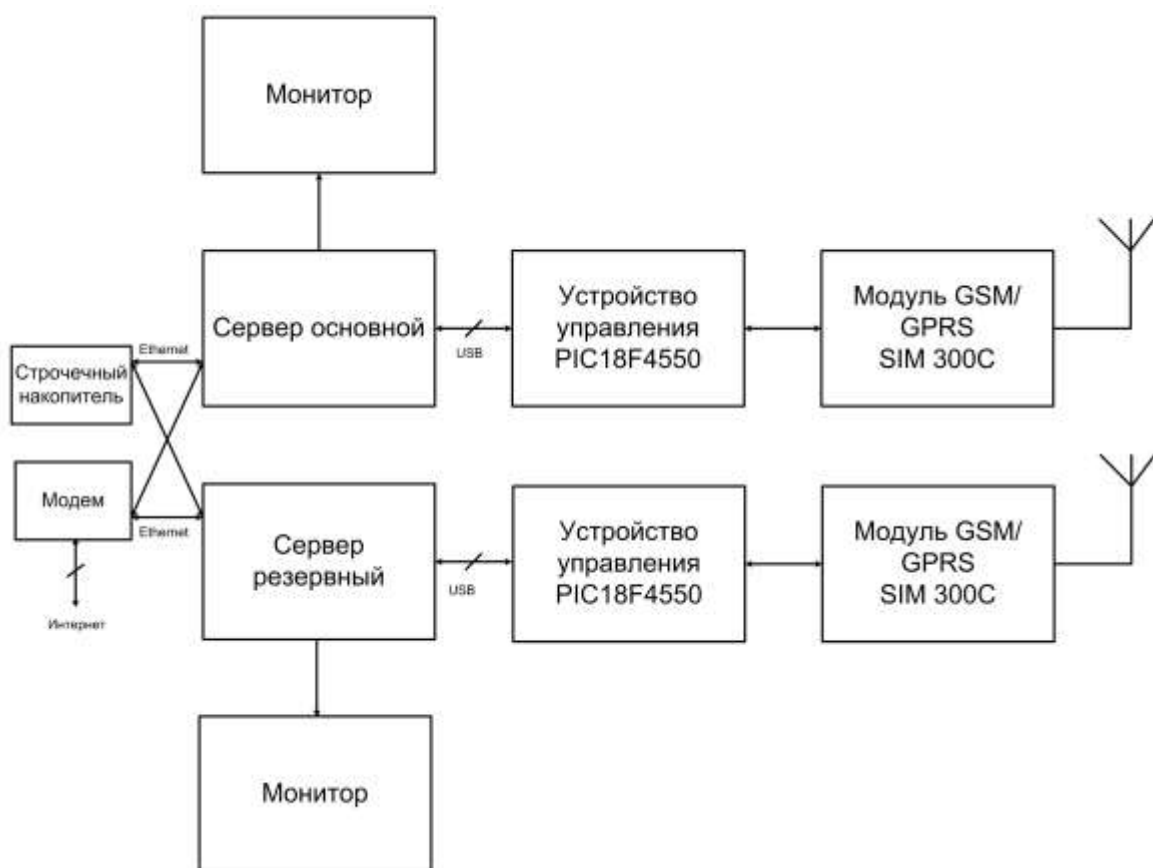


Рис. 6. Структурная схема сервера связи.

Для повышения надежности работы системы связи предусматривается два сервера – основной и резервный. Получение данных реализуется по сотовой связи с использованием модулей типа SIM 300C или аналогичных [8]. Полученные данные от сотовой сети преобразуются и по последовательной шине USB передаются на сервер. Информация о путевой обстановке и о состоянии серверов выводится на монитор. Запросы на получение данных от удаленных объектов обрабатываются серверами и передаются через модем в необходимую сеть (в данном случае – интернет). Включенные клиенты локальной сети на рис. 6 не приведены.

Организация системы обработки данных на подвижном объекте приведена на рис.7.

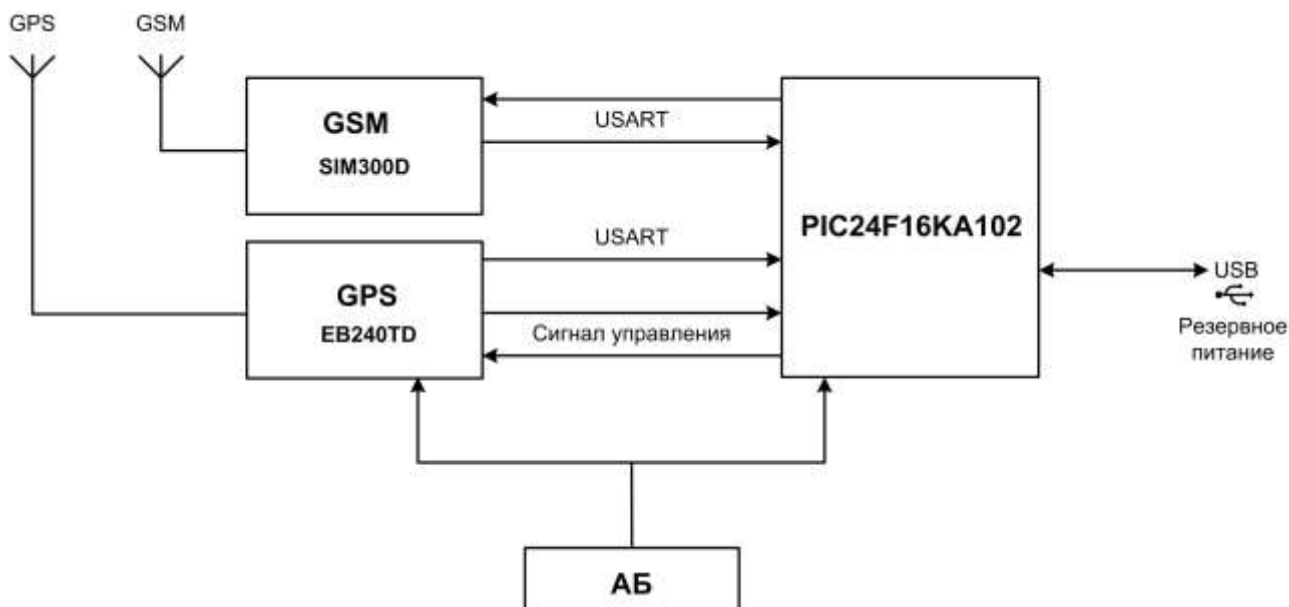


Рис. 7. Организация системы обработки данных на подвижном объекте.

Взаимосвязь объектов на подвижном объекте показывает принцип получения информации о путевой обстановке и передачи данных от локомотива на сервер связи. Первичная информация о состоянии свободного пути перед составом принимается от автоматической блокировки через систему «рельс-приемные катушки». Данные о текущей координате принимает GPS-приемник и передает устройство обработки, которое построено на основе контроллера PIC24F16 [9]. Результат обработки передается по сотовой сети на GSM-приемник (см. рис.6).

Выводы

В данной работе представлена перспектива совершенствования систем железнодорожной автоматики при использовании данных позиционирования подвижного состава с целью дальнейшей оптимизации организации движения. Система переопределения данных в процессе выполнения графика движения может выполнять заранее поставленные цели по увеличению пропускной способности, оптимизации потребляемой энергии и другие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гребенюк П. Т., Долганов А. Н., Скворцова А. И. Тяговые расчеты: справочник / Под ред. П. Т. Гребенюка. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
2. Казаков А. А., Бубнов В. Д., Казаков Е. А. Автоматизированные системы интервального регулирования движением поездов. – М.: Транспорт, 1995. – 320 с.
3. Федоров Н. Е. Релейные и микроэлектронные системы интервального регулирования движения поездов: учеб. пособие для студентов специальности "Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте" / Н.Е. Федоров ; М-во тр-та РФ, Федер. агентство жел.-дор. тр-та, Самарск. гос. акад. путей сообщ. В 2 ч. Ч. 1. – Самара : СамГАПС, 2006. – 167 с.
4. EB-24X Series Catalog. TranSystem Inc. Режим доступа: <http://www.compel.ru/datapdf/tsi/pn/eb-240-td/86f84d5202eeaab475af47b1a2621ae7.pdf>
5. Полевой Ю.И. Относительные рельсовые цепи: учеб. пособие для вузов / Ю.И. Полевой. – Самара: СамГАПС, 2006. – 80 с
6. Тильк И.Г. Новые устройства автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта. – Екатеринбург : УрГУПС, 2010. – 168 с.
7. Военный энциклопедический словарь / М-во обороны СССР. Институт военной истории. – М. : Воениздат, 1986. - 863 с.
8. The GSM / GPRS module for WLL, M2M and handled applications. Группа компаний Симметрон. Режим доступа: http://www.symmetron.ua/files/html/suppliers/sim/SIM300C_1.pdf
9. PIC24F Reference Manuals. Microchip inc. Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/DS39718b.pdf>

I.O. Romantsev

IMPROVEMENT OF RAILWAY AUTOMATION BASED ON DATA POSITIONING OBJECTS

The article presents the principle of improving of railway automation systems within using coordination data about the location of the rolling stock with a possible correction of braking distances and optimum use of movement on the railway run.

I.O. Romantsev, Dnipropetrovsk National University Of Railway Transport, docent, Ph. D.

ЗАДАЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМИ ПАРКАМИ УКРЗАЛИЗНЫЦІ

Исследованы вопросы формирования интеллектуальных автоматизированных систем управления железнодорожного транспорта Украины. С использованием методов искусственного интеллекта усовершенствованы графические модели процессов эксплуатации вагонных парков. Рассматриваются информационные модели взаимодействия объектов и кооперативного управления вагонными парками нескольких перевозчиков.

Интеллектуальные технологии транспорта и задачи совершенствования АСУ управления вагонными парками Укрзализныци

В настоящее время важной задачей развития транспортных систем (ТС) является совершенствование и многокритериальная оптимизация управления при обеспечении требований безопасности, эффективности, снижения воздействия транспорта на окружающую среду в условиях непрерывно возрастающей интенсивности транспортных потоков, усиления взаимодействия различных видов транспорта при решении логистических и других задач. Развитие ТС связывается с созданием специальной инфраструктуры, включающей современные информационные и телекоммуникационные технологии, в том числе глобальные навигационные системы позиционирования подвижных объектов (GPS/ГЛОНАС), а также, с внедрением принципов интеллектуального управления при планировании и реализации перевозок.

Применение методов и технологий интеллектуальных транспортных систем (ИТС) железнодорожного транспорта (ИТСЖ), направлено на повышение эффективности железнодорожных перевозок. Отметим здесь первостепенную роль процедур автоматического/автоматизированного мониторинга железнодорожных перевозок, необходимость оперативного взаимодействия подвижных объектов с инфраструктурой, важную роль, как формирования, так и использования баз данных и знаний, применения методов интеллектуального управления (распознавание, классификация, управление по шаблонам и др.). Комплекс возникающих и реализуемых при этом технологических и эксплуатационных задач, а также интегрированных информационно-телекоммуникационных технологий, ориентированных на формирование, интерпретацию и использование моделей процессов железнодорожных перевозок и средств их рационального применения, указывает сферу ИТСЖ Укрзализныци (УЗ).

В настоящее время единая автоматизированная система управления грузовыми перевозками УЗ (АСК ВП УЗЕ) обеспечивает информационную и информационно-аналитическую поддержку всех технологических процессов управления и эксплуатации вагонных парков (ВП). Вместе с тем одной из основных становится задача ее развития и преобразования в информационно-управляющую, а далее – в автоматизированную систему с прогностическим управлением. Для решения указанной задачи предпола-

¹ В.В. Скалозуб – профессор, декан факультета «Техническая кибернетика», д.т.н., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

² И.В. Клименко – ассистент кафедры «Компьютерных информационных технологий», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

³ В.Н. Осовик – главный инженер Юго-Западной железной дороги, Укрзализныця

⁴ М.С. Чередниченко – главный инженер ПКБ АСУ ЗТ Украины, к.э.н.

ется использовать, все современные методы анализа данных и моделирования, информационные и телекоммуникационные технологии, в том числе спутниковые системы навигации и позиционирования (ГЛОНАСС, GPS и др.), подобно тому, как это проводится в Российской Федерации (РФ) [1].

Реализация процессов преобразования АСК ВП УЗЕ в информационно-управляющую систему опирается на обработку и преобразование ее баз и хранилищ данных, автоматизацию и выполнение процедур мониторинга, диагностирования, интерпретации и моделирования процессов грузовых перевозок. Эти процессы происходят в неразрывной связи с соответствующими процессами управления перевозками, эксплуатацией, ремонтами и др. В практическом плане решается теоретически и реализуется средствами информационных технологий комплексная задача формирования баз знаний процессов грузовых железнодорожных перевозок в Украине. Выполнение этой сложной работы связывается с решением многих частных задач для отдельных процессов и подсистем. В статье представлены некоторые результаты исследований, направленных на развитие интеллектуальных моделей и методов автоматизации процедур формирования баз знаний системы АСК ВП УЗЕ для процессов управления вагонными парками.

Анализ направлений развития ИТС позволяет выделить ряд основных тенденций и направлений дальнейшего их совершенствования как интеллектуальных систем. Среди них – интеллектуализация транспортного средства, спецификация функций взаимодействия и обмена данными между транспортными средствами, самоорганизация ТС и формирование законов коалиционного «поведения» отдельных подсистем. В данной работе представлены некоторые математические и информационные модели, раскрывающие содержание типов взаимодействия объектов ТС, а также демонстрирующие возможности кооперативного управления в них. Предложено выделить несколько основных типов взаимодействия подвижных объектов между собой, а также подвижных объектов и инфраструктуры, которые определяют модели информационного взаимодействия объектов в ИТС. Устанавливается связь между моделями информационного взаимодействия объектов и основными свойствами интеллектуальных технологий перевозок, характерных для ИТС. Рассматриваются модели процедур кооперативного взаимодействия объектов при железнодорожных перевозках, в которых участвуют несколько перевозчиков, операторов. Она формализованная как многокритериальная модель дискретного математического программирования с побочными платежами. На примере реализации транспортных задачи с участием нескольких операторов, собственников средств перевозки, исследованы вычислительные аспекты реализации динамических потоковых задач, а также эффективность кооперативного взаимодействия.

Далее, в статье выполнено развитие графических моделей процессов эксплуатации грузовых вагонных парков, состоящее в формировании интеллектуальных программных объектов. Укажем, что в [2-4] на основе данных системы АСК ВП УЗ построены информационные и математические модели для анализа параметров вагонопотоков, в целом же – процессов эксплуатации вагонных парков различных собственников. Они предназначены для использования в системах поддержки принятия решений (СППР). В частности, в [2] формируются и обобщаются ГЕРТ-модели, а также нечеткие модели для потоков в сетях произвольной структуры. В [3-4] разработаны логистически-технологическая (ЛТД) и логистически-экономическая (ЛЭД) диаграммы – графиче-

ские модели процессов эксплуатации вагонных парков. В ЛТД и ЛЭД дуги графов характеризуются набором параметров, обобщенными величинами, отображающими технологическую составляющую процессов эксплуатации вагонных парков на некотором направлении (ЛТД), а ЛЭД – раскрывают их экономическую сторону.

Графические модели процессов эксплуатации вагонных парков

Развитие названных графических моделей выполнено за счет включения в них дополнительных механизмов обработки данных. При этом с каждой дугой графа эксплуатации ВП связывается структура данных, представляющая временной ряд (ВР). Его значения, уровни, характеризуют вагонопоток в отдельные периоды. Кроме этого в модель включаются процедуры по обработке и интерпретации уровней этих ВР, которые могут быть детерминированными, статистическими и нечеткими. Расширенные таким образом модели ЛТД и ЛЭД становятся объектами, моделями баз знаний, объединяют данные и процедуры. На этой основе становится возможным автоматическое моделирование и прогнозирование параметров соответствующих вагонопотоков. Прогнозирование параметров вагонопотоков как свойство модели процессов можно рассматривать как шаг по реализации прогнозного управления [6] технологическими, экономическими и др. процессами эксплуатации вагонных парков.

Логистико-технологический анализ используется для оценки степени эффективности эксплуатации вагонных парков, соответствующих действий персонала операторской компании (ОК) и т.п. На рис. 1, приведен пример ЛТД эксплуатации ВП некоторой операторской компании. Разработанные методика и программные средства [3-4] позволяют проводить анализ данных мониторинга процессов грузовых перевозок с различной степенью детализации, оценивать качество эксплуатации вагонных парков, что обеспечивается за счет фильтрации второстепенных операций процессов перевозок.

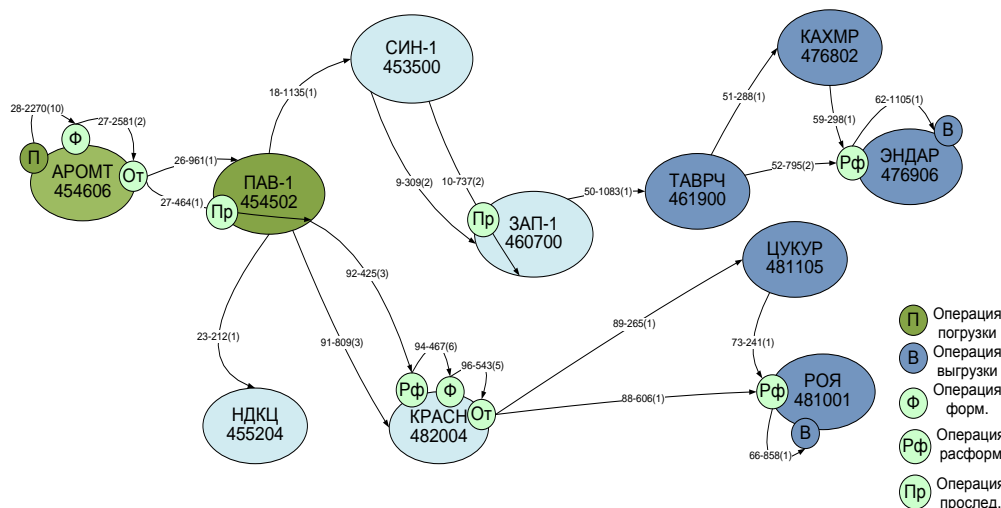


Рис. 1. Логистически-технологическая диаграмма эксплуатации вагонных парков

В ЛТД предусмотрена различная степень детализации и отображения данных мониторинга – возможно варьирование представления от базовой, детальное описание процессов эксплуатации каждого конкретного вагона, до обобщенного описания параметров вагонопотоков (груженых или порожних рейсов) между станциями погрузки/выгрузки. Программное обеспечение ЛТД является гибким настраиваемым инстру-

ментом, в первую очередь зависящим от полигона, к которому применяется анализ. Предусмотрены следующие типы детализации процессов, варианты логистически-технологического анализа:

- расчет основных эксплуатационных характеристик вагонопотоков, охватывающих стандартные показатели железнодорожного транспорта, на полигонах – от УЗ в целом до выделенной группы станций;
- расчет и анализ детальных эксплуатационных характеристик вагонопотоков на полигоне, где полигон – выделенная группа станций;
- расчет и анализ подробных эксплуатационных характеристик груженого/порожного среднего рейса заданного типа;
- расчет и анализ подробных эксплуатационных характеристик груженого/порожного рейса отдельно взятого грузового вагона на полигоне, с указанием критичных точек.

Диаграммы ЛТД и ЛЭД, (рис. 1–2), являются средствами визуализации результатов автоматизированного контроля и мониторинга процессов использования всех вагонов ОК, путем анализа информации об операциях с вагонами и поездами. При этом учитываются следующие блоки операций:

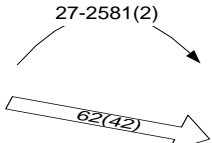
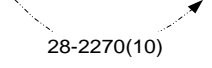
- операции прибытия вагонов на станцию;
- отправления со станции;
- проследования, приема на дорогу и сдачи с дороги;
- блок погрузки/выгрузки;
- операции, описывающие неисправные вагоны;
- операции, меняющие поездное состояние вагонов (РАСФОР/ФОРМ).

Указанных блоков операций достаточно для мониторинга с высокой точностью, достоверностью, наглядностью процессов эксплуатации ВП, для которых рассчитываются технологические и экономические показатели перевозок грузов и возврата порожняка. На ЛТД (рис. 1), отмечены пункты погрузки, выгрузки вагонов ОК, условно представлено движение вагонопотоков между ними. Возможно, развернутое отображение любого из рейсов вагонов более подробно. При этом допускается выделение промежуточных перегонов, станций и отображение характеристик простоев вагонов на них за указанный период.

В ЛЭД отображены элементы двух типов – вершины, станции, направленные дуги обозначают рейсы вагонов. Дуги могут быть двух типов, описанных в табл. 1. ЛЭД (рис. 2), отображает курсирование вагонов на различных полигонах. ЛЭД позволяют оценить, как грузовые (толстые стрелки, или тонкие сплошные), так и порожние рейсы (стрелки из пунктирных линий) по подводу вагонов под погрузку, а также количественные (первое число на стрелке) и временные характеристики (число в скобках, часы) этих процессов.

На ЛЭД также могут быть указаны коды основных перевозимых грузов (третье число на дуге), которые предназначены для расчета денежной оценки работы вагонов, а также изображены этапы цикла использования вагонов (в виде последовательности номеров). На рисунках тонкие стрелки, петли одной станции, дают количество обработанных на ней за месяц вагонов и среднее время в часах на их обработку (интервал времени от выгрузки до погрузки).

Элементы логистически-экономических диаграмм

№№	Символ	Описание	Расшифровка значений
1.		Сплошной тонкой или широкой стрелкой обозначаются рейсы груженных вагонов, направление стрелки означает станцию выгрузки	Каждая дуга может характеризоваться набором трех чисел. 1 - порядковый номер (не обязательное); 2 - количество рейсов; 3 - среднее время движения.
2.		Пунктиром обозначаются рейсы порожних вагонов, направление станция погрузки	

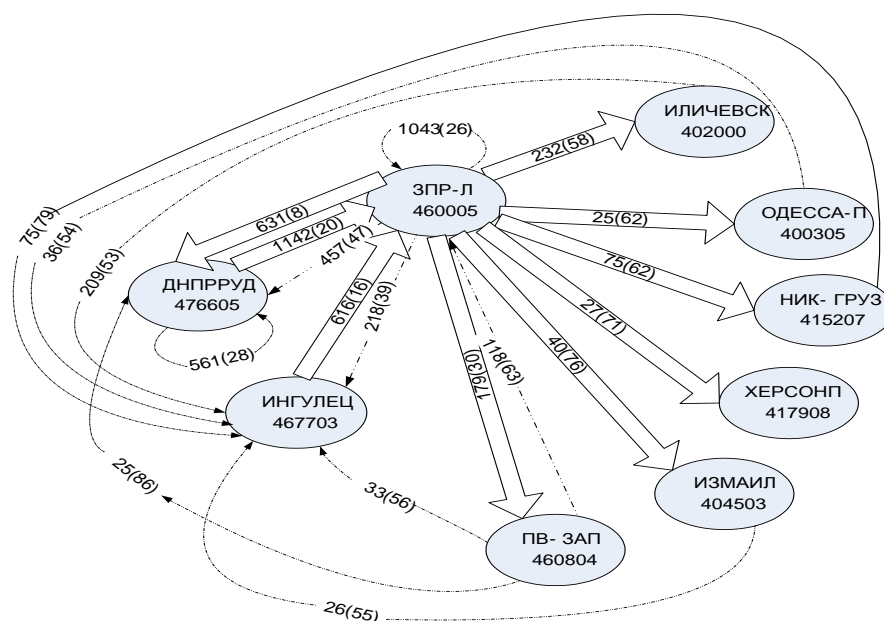


Рис. 2. ЛЭД работы собственных вагонов компаний операторов на полигоне Укрзализныци

Интеллектуальные методы в графических моделях процессов эксплуатации вагонных парков

Для преобразования моделей ЛТД и ЛЭД в форму баз знаний (БЗн) в них были включены дополнительные процедуры обработки данных. Как известно [5], особенностью моделей БЗн является наличие таких специальных процедур, а также механизмы их автоматического использования при формировании решений. Для обеспечения интеллектуальных свойств моделям модифицированных ЛТД и ЛЭД выполнено следующее. Во-первых, расширена их информационная базы – с каждой дугой графов процессов эксплуатации ВП связывается временной ряд, уровни которого характеризуют вагонопоток в отдельные последовательные периоды. Во-вторых, в модель добавлены процедуры, обеспечивающие обработку и интерпретацию уровней ВР. Они обеспечивают формирование и автоматический расчет оперативных (а не усредненных значений, указанных в ЛЭД и ЛТД) характеристик процессов эксплуатации ВП. В зависимости от применяемых процедур обработки уровней ВР получают различные модели процессов эксплуатации ВП (детерминированные, стохастические, нечеткие, интервальные др.).

Рассмотрим процедуры использования обобщенных моделей хаотической динамики (обобщенное логистическое отображение) [6–8], а также модифицированных процедур Т. Демарка [9–10] для графических моделей процессов эксплуатации ВП. Этот вопрос возникает в связи с произвольным и наперед не установленным при разработке моделей ЛТД и ЛЭД характером ВР этих графических моделей, когда решается задача выбора методов для моделирования и прогнозирования параметров ВР. Такие процедуры применяются в случае сложных динамических форм и при возникновении нерегулярности параметров процессов эксплуатации части вагонов некоторых ОК.

Для решения задачи интерпретации и прогнозирования уровней ВР использована модель расширенного логистического отображения (РЛО) вида (1). Содержательно процедура интерпретации сводится к следующему. Предполагается, что наблюдаемый и представленный ВР процесс эксплуатации ВП может быть описан уравнениями (1), (2). На основе данных ВР (3) необходимо получить оценки модели (1) или (2). Если связать все или же некоторые из расчетных значений параметров (1), (2) с оценками управлений, влияющих на формирующие ВР процессы, тогда оказывается возможным «объяснения характеристик ВР» на основе величин управляющих воздействий.

Модель расширенного логистического отображения имеет вид:

$$x_{n+1} = \prod_k \lambda_k x_n^{\alpha_k} * \prod_j [\mu_j (1 - x_n)^{\beta_j}] \quad (1)$$

В работе для моделирования некоторых процессов, представленных ВР на дугах диаграмм, исследована и эффективно использована простейшая форма модели (1) вида:

$$x_{n+1} = \lambda x_n^{\alpha} (1 - x_n)^{\beta} \quad (2)$$

Для интерпретации ВР наблюдений над процессом, а далее прогноза значений показателя x_n (мера ряда), необходимо установить содержательный смысл влияющих факторов, интегральный эффект которых и дается временным рядом:

$$x_0, x_1, x_2, x_3, \dots \quad (3)$$

С целью получения интерпретаций процессов эксплуатации ВП (3) в терминах моделей (1), (2) принимается, что коэффициенты моделей отображают влияние различных управляющих характеристик:

$(\lambda_1; \alpha_1)$ – воздействия управляющего фактора 1; $(\lambda_2; \alpha_2)$ – фактор 2;

$(\mu_1; \beta_1)$ – фактор $(k+1)$, ; $(\mu_2; \beta_2)$ – фактор $(k+2)$. (4)

Величины уровней ряда (3) используются для идентификации (оценок) значений параметров (4). При этом значения (4) рассчитываются при последовательном рассмотрении уровней (3), считая их полученными на основе уравнения (1) или же (2). Еще не определенные значения параметров модели (1), (2) – отбрасываются (принимает значение (0;1) – они выбираются нужным образом.

Процедура оценки значений параметров (4) определяется последовательностями решаемых уравнений. А именно, из системы:

$$\begin{cases} x_1 = \lambda_1 x_0^{\alpha_1} \\ x_2 = \lambda_1 x_1^{\alpha_1} \end{cases}, \quad (5)$$

находят значения параметров (λ_1, α_1) . Считая, что уровни x_3, x_4 , и другие в последовательности (3) получены по (1), (2) с учетом (λ_1, α_1) , формируют новую систему уравнений для определения (λ_2, α_2) :

$$\begin{cases} x_3 = \lambda_1 x_2^{\alpha_1} * \lambda_2 x_2^{\alpha_2} \\ x_4 = \lambda_1 x_3^{\alpha_1} * \lambda_2 x_3^{\alpha_2} \end{cases}, \quad (6)$$

из которой рассчитываются значения (λ_2, α_2) . Последующие новые параметры компонентов модели (1) оцениваются, исходя из известных значений ее параметров (λ_1, α_1) ; (λ_2, α_2) и так далее, используя ту же методику.

Значения параметров (μ_1, β_1) и дальнейших в (1) получают на основе уравнений типа (5), (6), либо путем рассуждений работы [8]. А именно: задавая некоторое значение уровня ВР, рассчитывают очередной параметр модели. Далее по модели (1) с известными параметрами (4) строят прогнозы следующих этапов, уровней ВР (3).

Приведем пример использования значений (3) для решения задач оперативного прогнозирования ВР на основе модели (1). Укажем, что согласно [6-8] и другим исследованиям уже простые нелинейные модели при некоторых значениях параметров имеют хаотическое поведение при достаточном количестве уровней ряда. На практике установить количество уровней модели ряда (1), когда начинается «хаотическое поведение», невозможно. Поэтому прогнозирование осуществляется на основе обобщения расчетов для нескольких моделей (1), параметры которых рассчитываются по методу наименьших квадратов (МНК) [11] для фрагментов ВР разной длины (эти параметры являются существенно различными).

Построение прогноза в нашем случае происходит рекуррентно. Прогнозирование на 1 или 2 шага с использованием модели (1) выполняется по следующему обобщенному алгоритму. При построении модели вида (1) используют 15, 10 и 5 предыдущих значений ряда. Значения параметров моделей λ , α и β оцениваются по методу МНК.

В соответствии с выбранным количеством предыдущих значений ряда определяется N и производится расчет параметров $(\lambda, \alpha$ и $\beta)$. Выполняется построение прогноза на следующий период по найденным параметрам модели (1) – определяется следующий уровень ряда и т.д.

На основе прогнозов для 15, 10 и 5 предыдущих значений ряда, определяют среднее значение результатов моделей, на основе которых получают Прогноз № 1 и Прогноз № 2, соответственно на один и два шага вперед [10]. Графики процессов оперативного прогнозирования ВР на основе (1) представлены на рис. 3. Процедура рассчитана в первую очередь на оперативное прогнозирование, и здесь лишь демонстрируются некоторые возможности модели (1) относительно пошагового представления весьма сложного процесса, описанного с помощью ВР.

На основе моделей (1), (2) и их программных процедур выполняется расширение и интеллектуализация графических моделей ЛТД и ЛЭД процессов эксплуатации вагонных парков, представленных в БЗн системы АСК ВП УЗЕ с помощью временных рядов.

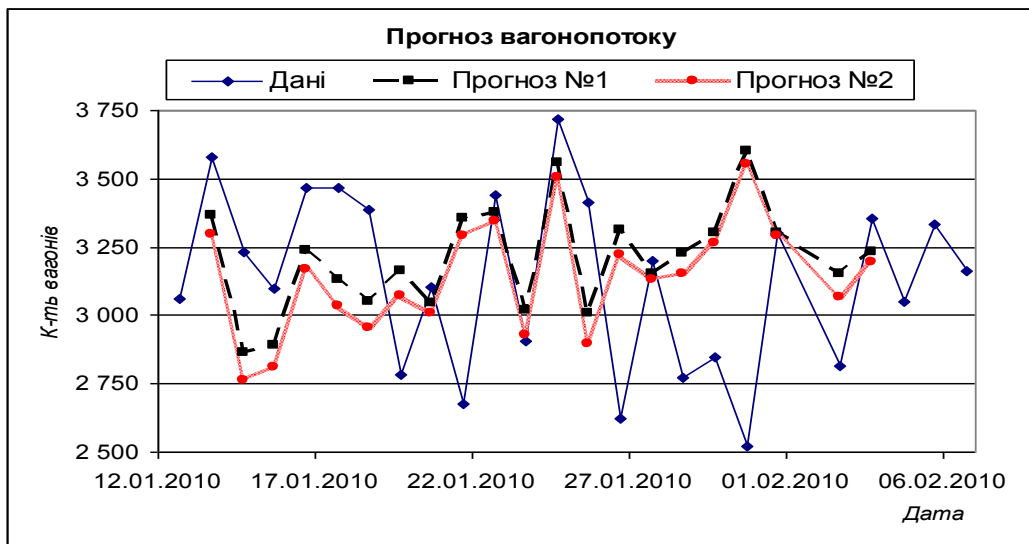


Рис. 3. Оперативное прогнозирование уровней ВР процессов эксплуатации вагонных парков на основе уравнения (1)

О типах моделей информационного взаимодействия объектов ИТС

Как было отмечено, спецификация функций взаимодействия и обмена данными между транспортными средствами (наряду с интеллектуализацией отдельного транспортного средства, самоорганизацией транспортных систем и формированием законов коалиционного «поведения» отдельных подсистем) относится к одному из основных направлений совершенствования ИТС как интеллектуальных систем. При анализе типов информационных и математических моделей взаимодействия объектов будем учитывать: количество взаимодействующих систем, наличие в этом множестве подсистем объектов инфраструктуры, тип источников данных, тип используемых данных (детерминированные переменные, статистические, нечеткие, интервальные, агрегированные и др.), категорию задачи коалиционного взаимодействия (анализ параметров состояний, прогноз ожидаемых параметров взаимодействующих объектов, вектор управляемых параметров коалиционного взаимодействия, формы кооперации систем др.), оперативность (учет требований ко времени реакции).

В частности, обобщенно укажем здесь основные классы моделей задач информационного взаимодействия в ИТС.

Классы задач взаимодействия зависят от следующего:

- числа источников данных, контролируемых объектов (один или много);
- имеются ли среди них несколько взаимодействующих между собой объектов;
- имеется ли некоторый объект-источник, соответствующий системам инфраструктуры;
- допускается ли перестройка системы передачи (изменяется число передаваемых параметров по команде от «инфраструктуры», от управляющего программного обеспечения или же от микропроцессорной системы на борту);
- допускаются ли предупреждающие сообщения в мобильную систему;
- допускаются ли команды управления, блокировки, например, при аварийном режиме, который не распознается мобильной системой.

В качестве одной из общих математических моделей для представления указанных типов и структур задач информационного взаимодействия объектов ИТС являются сети Петри и их обобщения.

Задачи кооперативного управления при грузовых железнодорожных перевозках

Исследуем простейшие компромиссные модели кооперативного взаимодействия при планировании железнодорожных перевозок, в которых участвуют несколько операторских компаний (ОК). Планирование перевозок выполняется на основе обобщенной математической модели транспортной задачи. Основная особенность постановки задачи формирования компромиссной модели кооперативного взаимодействия ОК определяется следующим.

Пусть планируется перевозка для двух ОК, каждый из которых имеет вагоны на нескольких станциях отправления, которые должны быть доставлены на одну из числа заданных станций назначения. На станциях могут быть вагоны нескольких операторов, они могут следовать на одни и те же станции назначения. Известна матрица удельных стоимостей перевозки между всеми станциями. Необходимо построить такой план перевозок, чтобы минимизировать затраты на перевозку каждого оператора. Заметим, что в классической модели требуется минимизация суммарных затрат ОК [12]. При этом затраты некоторого одного из них могут быть существенно больше, чем другого. В этом случае задача планирования может быть формализована как многокритериальная модель дискретного математического программирования с побочными платежами. Побочные платежи содержательно означают возможность перераспределения затрат вне модели планирования, после выполнения перевозок.

Следует указать, что классическая модель представляет компромисс равноправных партнеров коалиции. В качестве характеристики «важности» ОК выберем коэффициенты, принимающие значения в интервале $[0; 1]$, сумма которых равна 1. Решая обобщенную транспортную задачу, в которой затраты каждого оператора «взвешены» коэффициентом важности, получают некоторую эффективную точку области компромиссов, области Парето.

Рассчитав решения задачи при различных наборах коэффициентов важности, строят все компромиссное (переговорное) множество, в котором далее ОК выбирают согласованное кооперативное решение.

В табл. 2, представлены результаты формирования области Парето, где указаны значения целевых функций затрат на перевозки компаний операторов ОК (строки O1, O2), аддитивной (строка O1+O2) и мультипликативной (строка O1*O2) компромиссных моделей, а также соответствующие значения коэффициентов.

Таблица 2

Значение целевых функций затрат на перевозки компаний операторов

O1	770	794	830	836	1040	1510	1734	2019	2190
O2	2682	2534	2390	2380	2110	1640	1495	1440	1370
O1+O2	3452	3328	3220	3216	3150	3150	3229	3459	3560
Коэффиц.	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
O1*O2	2,065	2,011	1,98	1,989	2,194	2,476	2,592	2,907	3,00

Расчеты показали многоэкстремальный характер задачи дискретной оптимизации. Так для коэффициентов важности (0,5 и 0,5) и (0,4 и 0,6) значение аддитивной свертки равняется 3150 при существенно различных значениях частных целевых функций операторов О1, О2, как и собственно векторах решений. Из таблицы следует, что области компромиссов возможных значений частных целевых функций операторов ОК1 и ОК2 неодинаковые, имеются достаточно широкие возможности для выбора их согласованного решения. Это показывают и векторы оптимальных решений, характеризующие планы перевозок, соответствующие табл. 2, представляющую эффективность кооперативного взаимодействия.

На примере реализации транспортных задачи с участием нескольких операторов, собственников средств перевозки, исследованы также и вычислительные аспекты реализации динамических потоковых задач, связанных с моделью транспортной задачи.

Выводы

Совершенствование АСУ железнодорожного транспорта Украины, в том числе системы АСК ВП УЗЕ, связывается с их преобразованием в информационно-управляющие системы, а затем – в системы прогнозного управления. При этом, важную роль играют вопросы создания систем интеллектуального управления как составляющих ИТСЖ. С целью развития АСК ВП УЗЕ выполнено развитие моделей и процедур управления эксплуатацией ВП различных собственников, за счет расширения информационной базы и создания новых методов объектов, представляющих графические диаграммы процессов эксплуатации ВП. На основе предложенного расширения графических моделей создается основа автоматизации процессов формирования баз знаний для задач анализа эксплуатации ВП.

Исследованы на примере обобщенной модели транспортной задачи вопросы формирования кооперативного управления ВП нескольких собственников, операторов. Рассмотрены задачи классификации типов моделей информационного взаимодействия объектов ИТС. Предложенные интеллектуальные средства позволяют формализовать процессы взаимодействия объектов в ИТС, а в частности – автоматизировать процедуры формирования баз знаний системы АСУ ВП УЗЕ Укрзализныци.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года. / [Электронный ресурс]: Режим доступа: – <http://doc.rzd.ru/doc/err403>.
2. Скалозуб В.В., Андрищенко В.О., Солтисюк О. В. Моделювання процесів оптимального планування вантажних перевезень вагонними парками різних форм власності // Системні технології, №1(48). – Дніпропетровськ, 2007. С. 138 – 150.
3. Математическое моделирование процессов эксплуатации вагонных парков различных форм собственности /В.В. Скалозуб, О.В. , М.С. Чередниченко //Вестник Белорусского Государственного Университета Транспорта «Наука и Транспорт». – 2007. – №1-2 – С. 35-41.
4. Чередниченко М. С. Разработка процедур технологического-экономического анализа процессов управления вагонными парками операторов железнодорожного транспорта / М. С. Чередниченко // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ : Східноукр. нац. ун-т ім. В.Даля. – 2010.– № 1 (33). – С. 52–58.
5. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы. / Д. Джарратано, Г. Райли. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.

6. Скалозуб В.В., Клименко И.В. Прогнозирование и интерпретация процессов на основе расширенного логистического отображения // У зб. «Економічна кібернетика: інноваційний підхід в управлінні». – Дніпропетровськ: Герда, 2013. С. 182-188.
7. Исследования одномерного логистического отображения // Сб. тр. «Математика. Компьютер. Образование», Т.2, – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. – С. 702-710.
8. Сергеева Л.Н. Нелинейная экономика: модели и методы: [монография / научн. ред. проф. Ю.Г. Лысенко] / Л.Н. Сергеева. — Запорожье: Полиграф, 2003. — 218 с.
9. Томас Р. Демарк. Технический анализ – новая наука. [Текст]. – М.: Диаграмма, 1997. – 280с.
10. Клименко І.В. Адаптація метода Т. Демарка для прогнозування векторних інтервальних часових рядів /І.В. Клименко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2011. – № 37. – С. 274–277.
11. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: Підручник/ [Геєць В.М., Клебанова Т.С., Черняк О.І., Іванов В.В., Дубровіна Н.А., Ставицький А.В.] — Х.: ВД «ІНЖЕК», 2005. — 396 с.
12. Исследование операций [Текст. В 2-х томах, пер. с англ.] / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981.

VI.V. Skalozub, I.V. Klymenko, V.N. Osovyk, M.S. Cherednychenko

TASKS OF INTELLECTUALIZATION OF AUTOMATED SYSTEMS FLEET MANAGEMENT OF THE UKRZALIZNYTSI

Explored problems of the formation of intelligent automated management systems railway transport of Ukraine. With the use of artificial intelligence methods improved graphical models of processes exploitation of car parks. Described information models of object interaction and co-operative of Fleet Management multiple carriers.

VI.V. Skalozub – Professor, Dean of the Faculty Technical Cybernetics, Doctor of Technical Sciences. Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

I.V. Klymenko – Assistant of the Department of Computer Information Technology. Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan.

V.N. Osovyk – Chief Engineer of the South-Western Railway, Ukrzaliznitsa.

M.S. Cherednychenko – Chief Engineer of the PKTB ASU ZT Ukraine, Ph.D.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА МЕТОДАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В работе предложены методы мониторинга и управления автоматизированными процессами эксплуатации парков технических систем. Разработанные методы используют средства искусственного интеллекта и позволяют определять и прогнозировать техническое состояние элементов систем.

Повышение эффективности эксплуатации парков сложных технолого-экономических систем или их компонентов

Совершенствование процессов эксплуатации парков элементов технических систем является одной из основных задач железнодорожного транспорта. Задача повышения эффективности эксплуатации парков технолого-экономических систем или их компонентов формулируется следующим образом.

Дан парк элементов (объектов) технических систем. Техническое состояние объекта определяется посредством снимаемого с него сигнала. Дано множество эталонных объектов, техническое состояние которых известно. Также даны ресурсы, необходимые или же выделенные для эксплуатации объектов.

Для решения задачи повышения эффективности эксплуатации парков объектов требуется определить текущее техническое состояние компонентов системы (мониторинг технического состояния). Результатом мониторинга является оценка принадлежности объекта к классу исправного или к классу неисправного состояния. Если выявлено неисправное состояние объекта, то требуется определить вид неисправности и получить оценку достоверности. На основе данных мониторинга объектов требуется спрогнозировать техническое состояние элементов системы и установить рациональную очередность восстановления элементов в случае ограниченных ресурсов.

Решение задачи повышения эффективности эксплуатации парков технолого-экономических систем позволит реализовать своевременное определение технического состояния элементов системы, что приведет к повышению безопасности технической системы. Своевременная диагностика позволит снизить издержки, вызванные простоем элементов системы и уменьшить затраты на их восстановление. Прогнозирование технического состояния объектов позволит реализовать планирование процессов эксплуатации «по текущему состоянию».

Диагностирование состояний сложных систем средствами нечетко-статистических экспертных систем

В работе [1] представлена экспертная система (ЭС) классификации объектов по данным их частотного спектра. Основой ЭС является база нечетко-статистических правил (БНСП) [2] и метод нечеткого управления [3]. Нечеткая компонента БНСП отражает субъективные знания эксперта о частотном спектре объектов. Статистическая состав-

¹ Швец О.М. – к.т.н., старший преподаватель, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (г. Днепропетровск, Украина)

ляющая БНСП отображает фактический частотный спектр эталонных объектов классификации и формируется автоматически в процессе адаптации ЭС.

На рис. 1 представлена структура экспертной системы нечетко-статистической классификации объектов по частотному спектру.

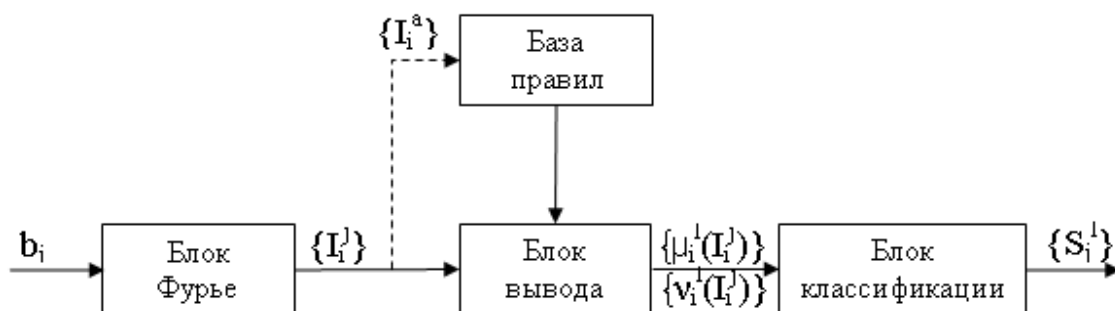


Рис. 1. Структура экспертной системы классификации объектов по частотному спектру на основе адаптивной базы нечетко-статистических правил

Снятый с объекта сигнал подается на АЦП для дискретизации. Частотный спектр сигнала объекта получается посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ). Результатом БПФ является представление объекта множеством гармоник $H = \{h_i\}, i = \overline{1, N_H}$ преобразования Фурье. Частотное разрешение гармоник Δf при

этом составляет $\Delta f = \frac{f_{\max}}{N_h}$ Гц, где f_{\max} – максимальная частота спектра дискретизированного сигнала исследуемого объекта. Частота h_i гармоники равна

$f_i = i * \Delta f, i = \overline{1, N_H}$ Гц. Каждая гармоника в множестве $\{h_i\}$ представляется парой коэффициентов $(\text{Re}_i, \text{Im}_i), i = \overline{1, N_H}$. Для каждой гармоники преобразования Фурье вычисляется интенсивность частоты I_i согласно

$$I_i = \sqrt{\text{Re}_i^2 + \text{Im}_i^2}, i = \overline{1, N_H}. \quad (1)$$

Для построения базы правил ЭС был использован метод нечеткого управления Такаги-Сугено [3] и метод нечетко-статистического управления (НСУ) [2]. В рамках метода НСУ для вычисления принадлежности входной величины нечеткому множеству используется функция плотности ν , построенная на основе обработки статистических данных входной величины.

Для каждого класса c_i существует свое правило, определяющее степень принадлежности объекта b_j к классу c_i . Правила представлены в следующем виде:

$$\begin{aligned} R^{(i)} : & IF \left((I_1^j \text{ is } I_1^i) AND (I_2^j \text{ is } I_2^i) \dots AND (I_{N_H}^j \text{ is } I_{N_H}^i) \right) \\ & THEN S_j^i = f^{(i)} \left(\{\mu_i^j(I_i^j)\}, \{\nu_i^j(I_i^j)\} \right), \quad i = \overline{1, N_H}, \end{aligned} \quad (2)$$

где I_i^l – нечеткое множество интенсивности i -ой гармоники l -го класса объектов, представленное функцией принадлежности μ_i^l и функцией плотности ν_i^l ; $f^{(l)}$ – функция вычисления значения степени принадлежности S_j^l объекта b_j к классу c_l .

Для формирования БНСП необходимо задать функции μ_i^l и ν_i^l $l = \overline{1, N_c}, i = \overline{1, N_H}$. Функции μ_i^l определяются экспертом субъективно на основании его знаний о частотном спектре исследуемых объектов. Для определения функций ν_i^l ЭС должна быть обучена на множестве обучающих объектов P . Частотный спектр каждого обучающего объекта p_a представляется множеством интенсивностей гармоник $\{I_i^a\}, i = \overline{1, N_H}$. Диапазон фактических значений I_i^a разбивается на N_T^l равных интервалов. Каждый обучающий объект p_a принадлежит некоторому классу объектов c_l . В свою очередь, каждому c_l соответствует свое значение числа интервалов $N_T^l, l = \overline{1, N_c}$.

Представленная ЭС классификации объектов по частотному спектру на основе адаптивной БНСП была использована для разработки программно-аппаратного комплекса диагностики электродвигателей (ЭД). Проводилась диагностика ЭД постоянного тока железнодорожных стрелочных переводов моделей ДП 0.18, ДП 0.25, МСП 0.15 и МСП 0.25.

Пример реализации интеллектуальных информационных технологий – эксплуатация парков электродвигателей железнодорожных стрелочных переводов

В настоящее время электродвигатели постоянного тока широко используются в промышленности и на железнодорожном транспорте, где обслуживание и ремонт ЭД стрелочных переводов выполняется по планово-предупредительному методу. При этом проводится исключение ЭД из эксплуатации, что требует значительных материальных и временных ресурсов. Ремонт и замена стрелочных приводов происходит согласно принятым нормативам, что часто ведет к преждевременному капитальному ремонту двигателя с неиспользованным ресурсом. Для парков ЭД важной и все более актуальной задачей является переход к обслуживанию с учетом текущего технического состояния ЭД. Для автоматизированного решения этой задачи необходимо разработать эффективную технологию, соответствующие модели и методы, а также создать программно-технические средства для эксплуатации парков ЭД. При этом требуется обеспечить своевременную оценку фактического состояния двигателей, а в случае исчерпания технических ресурсов – указать на необходимость их замены, или определить очередность ремонтов ЭД в условиях ограниченных временных и других ресурсов.

Общая схема разработанной автоматизированной системы управления эксплуатацией (АСУЭ) парка электродвигателей (ПЭД) представлена на рис. 2 [4]. Здесь показано, что кабели, питающие стрелочные двигатели, сводятся в релейную, где происходит снятие кривой тока электродвигателей, что позволяет реализовать постоянный контроль технического состояния всех стрелочных электродвигателей на станции без исключения ЭД из процесса эксплуатации.

Автоматизированная технология диагностики и управления парком ЭД основана на анализе частотного спектра рабочего тока двигателя. Дискретизация тока электродвигателя реализуется в блоке аналого-цифрового преобразователя (АЦП), получение спектральных характеристик тока ЭД реализовано с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). Входными данными модуля мониторинга электродвигателей является частотный спектр тока ЭД, рассчитанный в блоке БПФ. Для каждого электродвигателя формируется индивидуальная модель (ИМ), которая хранит спектральные характеристики исправного состояния двигателя.

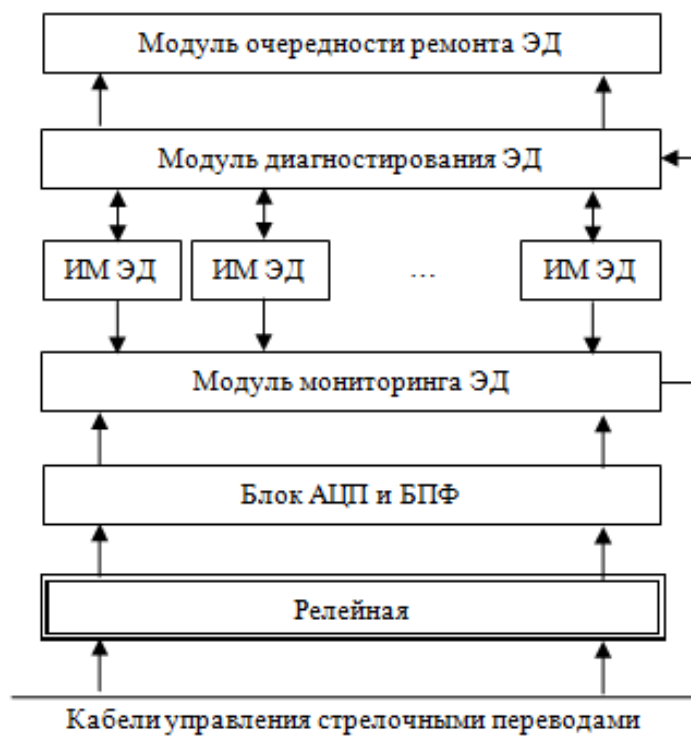


Рис. 2. Многоуровневая система управления эксплуатацией парка электродвигателей стрелочных переводов

Модуль мониторинга сравнивает спектр, полученный из блока БПФ, со спектром исправного состояния, прочитанного из соответствующей ИМ ЭД. При обнаружении существенных различий в этих спектрах модуль мониторинга передает спектральные характеристики анализируемого ЭД в модуль диагностирования. На выходе модуля диагностирования получаем оценки достоверностей выявляемых неисправностей электродвигателя. Эти оценки сохраняются в ИМ ЭД, формируя временной ряд, который используется для прогнозирования технического состояния электродвигателя. Текущее и спрогнозированное техническое состояние каждого ЭД из модуля диагностирования передается в модуль очередности ремонта электродвигателей, который рассчитывает рекомендации о порядке ремонта ЭД.

Разработанная АСУЭ ПЭД производит измерения характеристик двигателя, находящегося под воздействием номинальных, рабочих значений напряжения, тока, магнитного поля и центробежных сил. Это позволяет выявлять больше неисправностей, чем при использовании статических методов диагностики, и делает возможным замену

электродвигателя до его полного выхода из строя. Разработанные модели диагностирования могут автоматически настраиваться для выявления новых видов неисправностей на основе анализа тока двигателей с эталонными неисправностями. Применение системы не требует высококвалифицированного инженера электромеханика как для настройки, так и для эксплуатации.

При управлении парком решается одна из основных подзадач эксплуатации ЭД железнодорожных стрелочных переводов – определение очередности ремонтов тех электродвигателей, при диагностике которых установлены различные скрытые типы неисправностей. Задача установления очередности ремонтов возникает при ограниченности ресурсов, к которым отнесены время ремонта, персонал, запасные части, денежные средства и др.

В работе для определения очередности ремонта ЭД предложен показатель и соответствующий критерий, который получил название «стоимость отказа электродвигателя». Оценка стоимости отказа электродвигателя C определяется в следующем виде

$$C = f(R, F, Z), \quad (3)$$

где R – стоимость ремонта электродвигателя;

F – прогнозируемая стоимость ремонта электродвигателя;

Z – издержки, вызванные задержкой поездов в случае отказа электродвигателя и прекращения работы стрелочного перевода.

В простейшем случае оценка стоимости отказа ЭД железнодорожного стрелочного перевода представима, как

$$C = Z + \frac{1}{2}(R + F). \quad (4)$$

Когда в качестве d_i используется значение вероятности неисправности некоторого вида, которые считаются независимыми, то оценка ожидаемой стоимости ремонта электродвигателя R представима следующим образом:

$$R = \sum_{i=1}^N d_i c_i, \quad (5)$$

где d_i – достоверность i -ой неисправности, $d_i \in [0;1]$;

c_i – стоимость ремонта i -ой неисправности;

N – число неисправностей, выявляемых системой диагностики электродвигателей.

В разработанной информационной технологии автоматизированной эксплуатации парка ЭД значение достоверности i -ой неисправности d_i вычисляется системой диагностики электродвигателей по текущему состоянию ЭД. В частности, если для выявления неисправностей в электродвигателях используются искусственные нейронные сети [5], то значение достоверности i -ой неисправности d_i определяется значением нейрона выходного слоя многослойного персептрона. Для выявления неисправностей в электродвигателях также может быть использована экспертная система классификации объектов по частотному спектру на основе адаптивной базы нечетко-статистических правил.

Прогнозируемая стоимость ремонта электродвигателя F вычисляется как

$$F = \sum_{i=1}^N d_i^F c_i, \quad (6)$$

где d_i^F - прогнозируемое значение достоверности i -ой неисправности, $d_i^F \in [0;1]$.

Методика автоматизированной эксплуатации парков ЭД железнодорожных СП основана на анализе значений достоверностей неисправностей, которые вычисляются системой диагностики электродвигателей. Система диагностики осуществляет постоянный контроль технического состояния электродвигателей. Этот контроль в нашем случае реализуется следующим образом: оценка текущего технического состояния ЭД происходит без его извлечения из стрелочного привода (оценка «по текущему состоянию»). Подобный мониторинг технического состояния ЭД реализуется путем периодического поиска неисправностей в электродвигателях. Мониторинг технического состояния конкретного двигателя позволяет получить временной ряд оценок достоверностей для каждой i -ой неисправности d_i :

$$D_i = \{d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^k, d_i^{k+1}, \dots, d_i^L\}, (i = \overline{1, N}). \quad (7)$$

При работе электродвигателя его детали стареют и изнашиваются, поэтому можно предположить, что с течением времени каждое последующее значение d_i^{k+1} достоверности i -ой неисправности временного ряда (7) будет не меньше предыдущего d_i^k : $d_i^k \leq d_i^{k+1}, (i = \overline{1, N})$.

При вычислении прогнозируемой стоимости ремонта электродвигателя F (6) необходимо для каждой достоверности i -ой неисправности спрогнозировать значение d_i^F на основе данных временного ряда (7), соответствующего i -ой неисправности.

Для нахождения оценок спрогнозированных значений d_i^F можно воспользоваться классическими методами экстраполяции, в простейшем случае в работе использована параболическая экстраполяция.

Издержки Z , вызванные задержкой поездов в случае отказа электродвигателя и прекращения работы стрелочного перевода, могут быть оценены как

$$Z = N_p T_v C_z P_z, \quad (8)$$

где N_p – среднее число поездов, проходящих через стрелочный перевод в час;

T_v – время, необходимое для возобновления работы стрелочного перевода;

C_z – стоимость задержки одного поезда на один час;

P_z – вероятность отказа стрелочного перевода.

Если не учитываются взаимные влияния различных типов неисправностей ЭД, вероятность отказа стрелочного перевода P_z может быть оценена на основании достоверностей неисправностей электродвигателя стрелочного перевода согласно $P_z = \max_i(d_i)$.

В целом технология эксплуатации парков электродвигателей железнодорожных стрелочных переводов позволяет перейти от плановой, установленной нормативами замены двигателей с неиспользованными эксплуатационными ресурсами к обслуживанию двигателей по их фактическому техническому состоянию.

Выводы

В работе представлены методы и средства, предназначенные для эффективного мониторинга и управления автоматизированными процессами эксплуатации парков элементов технических систем железнодорожного транспорта. Выполненные исследования и разработки позволяют перейти от планово-предупредительной замены элементов систем к обслуживанию по их фактическому техническому состоянию. При этом осуществляется прогнозирование технического состояния элементов средствами методов искусственного интеллекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шве́ц О. М. Классификация объектов по частотному спектру на основе адаптивной базы нечетко-статистических правил / О. М. Шве́ц // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 3 (68). – Дніпропетровськ, 2010. – С. 133–139.
2. Скалозуб В. В. Метод и информационные технологии нечетко-статистического управления / В. В. Скалозуб // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (50). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 120 – 127.
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с. : ил.
4. Скалозуб В. В. Автоматизация мониторинга и управления эксплуатацией парка электродвигателей железнодорожных стрелочных переводов на основе параметров текущего технического состояния / В. В. Скалозуб, О. М. Шве́ц // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 40. – С. 60–64.
5. Скалозуб В. В. Нейросетевые модели диагностики электродвигателей постоянного тока / В. В. Скалозуб, О. М. Шве́ц // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 4. – С. 7–11.

O.M. Shvets

MONITORING AND MANAGEMENT IMPROVEMENT OF AUTOMATED EXPLOITATION PROCESSES OF THE RAIL TRANSPORT BY MEANS OF INTELLIGENT SYSTEMS

In this paper, monitoring and management methods for automated exploitation processes of the rail transport are proposed. The methods use artificial intelligence and make it possible to define and predict the state of the elements of the technical system.

O.M. Shvets – The Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, senior lecturer, Ph.D.