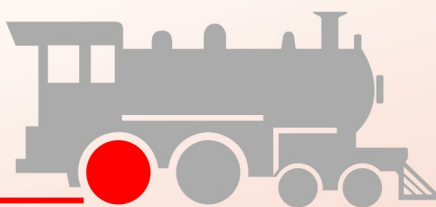


сетевое издание

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

В ВЫПУСКЕ

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

РОЗЕНБЕРГ И.Н., ЦВЕТКОВ В.Я.

«СОЦИАЛЬНАЯ КИБЕРНЕТИКА В ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

КОЗЛОВ А.В., МАТЧИН В.Т.

«МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППАМИ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ

ОЗНАМЕЦ В.В.

«ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО ТРАНСПОРТА»

АНДРЕЕВА О.А.

«БЕСПИЛОТНОЕ СУБСИДИАРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ »

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ОХОТНИКОВ А.Л., ПАВЛОВСКИЙ А.А.

«СИТУАЦИОННОЕ СЕМИОТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ»

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

КОВАЛЕНКО Н.И.

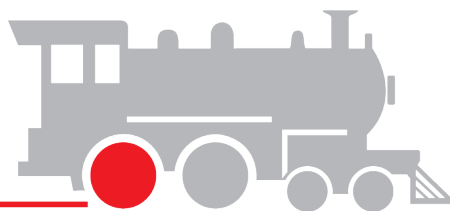
«ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТОВ ПУТИ»

ЗАМУХОВСКИЙ А.В., КОВАЛЕНКО Н.И.

«ИЗДЕРЖКИ КОМБИНИРОВАННОГО ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ
И ГРАФИКОВЫХ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ»

№ 3

Сентябрь 2020



Стратегия развития железных дорог

- Розенберг Игорь Наумович, Цветков Виктор Яковлевич* 3
Социальная кибернетика в цифровизации транспортной инфраструктуры

Интеллектуальные системы и технологии на транспорте

- Козлов Александр Вячеславович, Матчин Василий Тимофеевич* 15
Методы и алгоритмы управления группами подвижных объектов.

Геоинформационные технологии и системы на транспорте

- Ознамец Владимир Владимирович* 29
Геодезическое обеспечение цифрового транспорта

- Андреева Ольга Александровна* 44
Беспилотное субсидиарное управление

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

- Охотников Андрей Леонидович, Павловский Андрей Александрович* 53
Ситуационное семиотическое управление

Организация работ и безопасность движения на транспорте

- Коваленко Николай Иванович* 63
Применение методов линейного программирования при разработке модели планирования ремонтов пути

- Замуховский Александр Владимирович, Коваленко Николай Иванович* 72
Издержки комбинированного движения грузовых и графиковых скоростных пассажирских поездов

УДК: 656, 004.89, 656.052

СОЦИАЛЬНАЯ КИБЕРНЕТИКА В ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Розенберг И.Н. д.т.н., профессор, Научный руководитель, АО «НИИАС»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Москва, Россия

Цветков В.Я. д.т.н., профессор, зам. руководителя Центра, АО «НИИАС»,
E-mail: cvj2@mail.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья исследует применение социальной кибернетики для управления транспортной инфраструктурой. Анализируется содержание социальной кибернетики. Показана стратификация кибернетики. Рассмотрены социальные кибернетики первого, второго, третьего и четвертого порядка. Для цифрового управления объектами транспортной инфраструктуры подходит кибернетика четвертого порядка. Описаны базовые принципы социальной кибернетики. Описаны логические конструкции социальной кибернетики. Показано значение комбинаторных методов в современной социальной кибернетике. Описана методика построения моделей социальной кибернетики. Описана технология приемлемая для цифрового управления объектами транспортной инфраструктуры. Основой технологии является цифровое зеркалирование. Описано киберпространство как обязательный элемент цифрового управления.

Ключевые слова: транспорт, кибернетика, социальная кибернетика, управление, кибернетические модели, транспортная инфраструктура, цифровые двойники, киберпространство, метамодель.

SOCIAL CYBERNETICS IN THE DIGITALIZATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Rosenberg I.N. D.ofSci.(Tech), Professor, Scientific director, JSC «NIIAS»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Moscow, Russia

Tsvetkov V.Ya. D.ofSci.(Tech), Professor, deputy head of Center, JSC "NIIAS",
E-mail: cvj2@mail.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article examines the application of social cybernetics to the management of transport infrastructure. The content of social cybernetics is analyzed. The stratification of cybernetics is shown. Social cybernetics of the first, second, third and fourth order are considered. Cybernetics of the fourth order is suitable for digital management of transport infrastructure facilities. The basic principles of social cybernetics are described. The logical constructions of social cybernetics are described. The importance of combinatorial methods in modern social cybernetics is shown. The technique of constructing models of social cybernetics is described. The technology is described that is acceptable for digital management of transport infrastructure facilities. The technology is based on digital mirroring. Described cyber space as an essential element of digital control.

Keywords: transport, cybernetics, social cybernetics, management, cyber models, transport infrastructure, digital twins, cyberspace, metamodel..

Введение

Социальная кибернетика возникла как направление технической кибернетики в социологии и была направлена в основном на задачи управления в обществе. Формально социальной

кибернетикой [1-3] называют направление в социологии. В аспекте управления социальная кибернетика ближе к технологиям информационного управления, Интернета вещей и киберфизическим системам. В широком смысле социальная кибернетика опирается на психологию (бихевиоризм), философию, логику, общую теорию систем [4], теорию социальных систем [5, 6] и идеи кибернетики. Социальная кибернетика применяется в теории развития общества и в цифровом управлении [7]. Международная социологическая ассоциация занимается вопросами социальной кибернетики и создала специальный комитет в этой области - RC51. Она же издает специальный журнал Социокибернетики (*Sociocybernetics*). Следует отметить, что термины «социокибернетика» и «социальная кибернетика» считают синонимами. Термин «социальный» в социальной кибернетике относят к любой сложной социальной системе (как определено Никласом Луманом).

Социальная кибернетика рассматривает общество как сложную систему с системными свойствами и признаками. Эта точка зрения лежит в основе социальной кибернетики при изучении общества как системы. Социальная кибернетика использует идею функциональной дифференциации (Огюст Конт). Целью социальной кибернетики является создание теории, технологической основы и инструментария для решения основных задач развития общества, включая управление. Методы социальной кибернетики находят широкое применение в управлении предприятиями. Это делает актуальным исследование их применения в области транспортной инфраструктуры

Факторы развития социальной кибернетики.

Опорой развития социальной кибернетики являются информационные модели, компьютерные технологии, информационные технологии, интеллектуальные технологии и системы. Эволюция искусственного интеллекта поставило перед социальной кибернетикой дополнительную задачу – создание системы правил для анализа и принятия решений не доводя построение алгоритма принятия решений до конца.

Рост производительности вычислительной техники не является хаотическим и характеризуется законами человеческого общества такими как закон Мура, Закон Амбдала, Закон Ципфа [8] и другие. Развитие вычислительной техники и вычислительных моделей повлияло методы анализа информации и привел сдвигу от логических методов в сторону комбинаторики и дискретной математики. Появилось направление решения задач на основе перебора вариантов. Появились методы λ - вычислений [9] и аппликативных вычислений [10, 11]. Однако, при переходе к бесконечному множеству вариантов осуществлять перебор невозможно. В реальности бесконечное множество означает ограничение ресурсов вычислительных средств или проблему больших данных [12, 13]. В силу этого многие современные методы вычислений и анализа опираются на конструктивную математику [14, 15] и конструктивную логику. Конструктивная математика предполагает потенциальное существование конструктивного объекта, что расходится с понятием существования, принятым в теоретико-множественной математике. Многообразие современных подходов к вычислениям порождает множество социальных информационных моделей включая ситуационный анализ [11].

Кибернетики разных порядков.

Достаточно долго существовала гипотеза о том, что многие социальные системы ведут себя как биологические системы [16]. Исследования Института Санта-Фе [17] показали, что социальные системы, такие как города, не ведут себя как организмы, как это было предложено

некоторыми исследователями в социокibernетике. В тоже время теория социальных циклов [18] имеет место в реальной практике и продолжает развиваться. В силу этого пришли к выводу, что модели в социальной кibernетике отличаются от моделей организмов и биологических систем. Такое отличие делает актуальным и необходимым исследование моделей и методов принятия решений в социальной кibernетике. В тоже время социальная кibernетика в процессе исследований подверглась стратификации. Общее утверждение Н. Винера о кibernетике, что эта наука «об управлении в и коммуникации в животном и в машине»

Социальная кibernетика включает в себя как так называемую кibernетику первого порядка, так и кibernетику второго порядка. Кibernетика, согласно первоначальному определению Винера [19], является наукой о «управлении и коммуникации в животном и в машине». Однако выяснилось, что существуют разные машины, разной сложности и соответственно существуют разные типы сложностей коммуникаций и управления. Такое различие привело к разным типам кibernетик, которые решили называть кibernетиками разных порядков.

Хайнц фон Фёрстер предложил различать кibernетику первого порядка, «изучение наблюдаемых систем», и кibernетику второго порядка, «изучение систем наблюдений». Кibernетика второго порядка использует в качестве основы социальных процессов биологические законы. Кibernетика второго порядка основана на конструктивистской логике и эпистемологии. Она занимается вопросами самообращения, уделяя особое внимание зависимости знаний от наблюдателей, включая научные теории [16].

За последние 40 лет концепция социальной кibernетики сформировалась на стыке кibernетики первого и второго порядка, конструктивной эпистемологии и системологии [20]. Это создало теоретическую основу объединения этих различных дисциплин для исследований, анализирующих сложные социальные проблемы, включая проблемы управления. Социальная кibernетика применяет концепции кibernетики второго порядка к изучению обществ и групп, в которых рефлексивность первого и второго порядка может играть важную роль.

Социальная кibernетика применяет концепции кibernетики к анализу междисциплинарных вопросов, таких как системное насилие, роль технологий в обществе, экологические проблемы, городское планирование, развитие сообщества, социальная идентичность и представление средств массовой информации, среди многих других. Кibernетика третьего порядка [21] изучает взаимно наблюдаемые системы, которые характеризуются факторами наблюдаемых и наблюдающих систем. проведем сравнение.

Кibernетика первого порядка имеет дело с аллопоэтическими машинами [22, 23]. Системы управления делят *allopoietic machines* и *autopoietic machines*. Аллопоэтическими системы не могут производить свои компоненты. Их используют по целевому назначению и поэтому рассматривают как управляемые машины или системы. Исследования аллопоэтических систем выполняют в кibernетике первого порядка

Исследования организации в автопоэтических машинах относят к кibernетике второго порядка. Автопоэтические системы могут создавать свои компоненты. Они обладают знанием, контролируют другие системы, и поэтому автопоэтические системы рассматривают как системы управляющие. Кibernетика второго порядка имеет дело с аутопоэтическими или живыми машинами [24, 25],

Кibernетика третьего порядка (*Third order cybernetics*) имеет дело с когнитивными системами и когнитивными машинами. Объектом ее анализа является язык как когнитивно-

коммуникационная система, которая создает общую область взаимодействия между живыми системами и организационно-техническими системами [26] для взаимодействия. Когнитивные системы с формальной точки зрения являются абстрактными механизмами, которые имеют аналогом человеческое мышление. Оно включает механизмы аллопоэтических и аутопоэтических систем, поэтому являются более развитыми. Соответственно, существуют кибернетические модели первого, второго и третьего порядка. Примером кибернетической модели третьего порядка является общество. Оно использует некоторые законы биологического развития живых систем, но само живой системой не является [21, 27].

Социальные системы в рамках кибернетики третьего порядка рассматривают синтез моделей живых систем, сложных систем, когнитивных и стохастических систем. Они являются самоорганизующимися системами и этот комплекс используется для достижения своих целей. Коммуникационные потоки в кибернетике третьего служат для трансформации информации в ресурсы [28] и для получения новых знаний. Таким образом когнитивная машина как аналог принятия решений человеком служит основой кибернетики третьего порядка.

Существует кибернетика четвертого порядка [29], которая переносит акцент исследования с динамики социальных систем на динамику отдельных человеческих систем. Кибернетика четвертого порядка изучает системы самонаблюдения, которые являются разновидностью и развитием когнитивных машин. Кибернетика четвертого порядка изучает механизмы обработки информации, которые находятся в человеческом разуме. По существу, это изучение механизма неявных знаний [30] и их трансформации [31] в явные знания. Кибернетика четвертого порядка изучает механизмы рационального выбора и рациональности. Кибернетика четвертого порядка изучает язык, который выступает в качестве когнитивной связки между человеческими системами

Рациональный выбор или рациональность когнитивной машины является основным результатом кибернетики четвертого порядка. Другим аспектом является методика выбора рациональности, которая строится на механизме эвристик.

Самосознание является точкой перехода между низшим познанием (которое относится к кибернетике второго порядка.) и высшим познанием, которое принадлежит человеку и является объектом изучения кибернетики четвертого порядка. Именно из-за самосознания система может приобрести способность самонаблюдения.

Рациональность на первый взгляд является аналогом оптимальности. Однако между ними ряд качественных различий. Оптимальность, как правило, является текущим решением задачи, никак не связанным с последующими ситуациями.

Цель рациональности состоит в том, чтобы служить механизмом адаптации, который помогает когнитивной области осуществлять информационное взаимодействие [32] с прошлым, текущим и будущим. Рациональность кибернетики четвертого порядка включает адаптивную организацию, регенерацию [33] информации в соответствии с видением картины мира и исключением противоречий. Рациональность в рамках кибернетики четвертого порядка является механизмом выживания. Важной особенностью рациональности когнитивных машин является рефлексивность. Рефлексивность в рамках кибернетики четвертого порядка может быть рассмотрена как процесс самонаблюдения и обсуждения. Такая рефлексивность приводит к рациональному поведению. Она помогает формировать основной продукт кибернетики четвертого порядка – рациональность когнитивной машины. Важно отметить, что рациональность как согласованность мыслей не полностью связана с индивидуальным

человеческим разумом. Это многоаспектное понятие, которое относится к субъекту, группе и обществу и определяет три уровня рациональности. Она может быть построена группами или более крупными социальными системами. Разные виды рациональности: индивидуальные, коллективные и общественные зависят от языка коммуникации и рассуждения. Это приводит к зависимости рациональности от языка.

Эвристику относят к практическим методам решения проблем и обучения. Как часть кибернетики четвертого порядка, эвристика трактуется как метод восприятия и взаимодействия когнитивной машины с окружающей средой для достижения порядка, баланса и комплементарности [34].

Сущностные аспекты социальной кибернетики.

Основное назначение моделей в социальной кибернетике - это поддержка принятия решений и оптимизация решений из множества возможных. Теория анализа и принятия решений трактует модель анализа как множество допустимых операций, использованных для рассуждений, то есть для получения результата на основе первоначально заданных условий. Технологическая модель анализа использует возможные ресурсы. При асимптотической оценки модели анализа ее сложность определяется через допустимые примитивные операции с известной ценой. Существует ряд моделей, которые зависят от набора операций и их аналитической сложности.

Важная задача социальной кибернетики состоит в том, чтобы понять механизмы управления работой общества, поведением людей. Отсюда вытекает в целом необходимость разработки в теории и на практике эффективные способы использования механизмов и вмешательства в социальные структуры в соответствии с положениями кибернетики. Существует задача социальной кибернетики в картировании, измерении, использовании и нахождении способов вмешательства в параллельную сеть социальных сил, которые влияют на поведение человека и когнитивных систем.

Социальная кибернетика направлена на создание теоретической основы для понимания и управления системами кооперативного поведения. Она претендует на глубокое понимание общей теории эволюции. Парадигма, которую социальная кибернетика использует при анализе любой системы, заключается в основном законе социальной кибернетики. В нем говорится, что все живые системы проходят шесть уровней социальных контрактов своих подсистем:

- агрессия: выживание;
- бюрократия: следуйте нормам и правилам;
- конкуренция: моя выгода - ваша потеря;
- решение: раскрытие индивидуальных намерений,
- комплементарность [34, 35]: сотрудничество в едином интересе,
- свобода выбора (субсидиарность [36-38]): способность любого вида, независимо от его типа, расы, пола, вероисповедания, убеждений, генетики, модели, модели или чувствования, управлять своим собственным существованием и не контролироваться.

Прохождение этих шести фаз взаимоотношений дает основу для социокрибернетического изучения любой эволюционной системы. Причем эти фазы проявляются по-разному в кибернетиках разных порядков. Социальная кибернетика может быть упрощенно определена как «Системная наука в социологии и других социальных науках».

Термин «системная наука» обусловлен тем, что социальная кибернетика не ограничивается теорией, а включает в себя применение, эмпирические исследования, методологию, аксиологию

и эпистемологию. В общем случае «теория систем» и «кибернетика» часто взаимозаменяемы или встречаются в комбинации. В некоторых случаях, но не всегда, их можно рассматривать как синонимы, хотя эти два термина происходят от разных традиций и не используются единообразно в разных языках и национальных традициях.

В междисциплинарном аспекте системной науки социология явно находится в центре интереса социальной кибернетики, в тоже время, другие социальные науки, такие как психология, антропология, политология, экономика оказывают влияние на социальную кибернетику

Логические конструкции социальной кибернетики.

Последовательная модель принятия решений является простейшей кибернетической моделью. Она строится по простому принципу

$$(A \wedge B) \rightarrow P, \quad (1)$$

В выражении (1) А –событие, которое воздействует на объект В, что приводит к результату Р. Выражение (1) есть классическое выражение следования, в котором \rightarrow называется импликацией, выражение в скобках называется посылкой или анцедентом, Р называют следствием или аподозом. Последовательные логические действия и события хорошо проверяются логическими выражениями. Они образуют логическое следование в виде совокупности выражений (1), которые задают логические цепочки принятия решений. Последовательные действия и модели хорошо моделируются с помощью графов. На рис.1 даны два типа моделей [39] принятия решений.

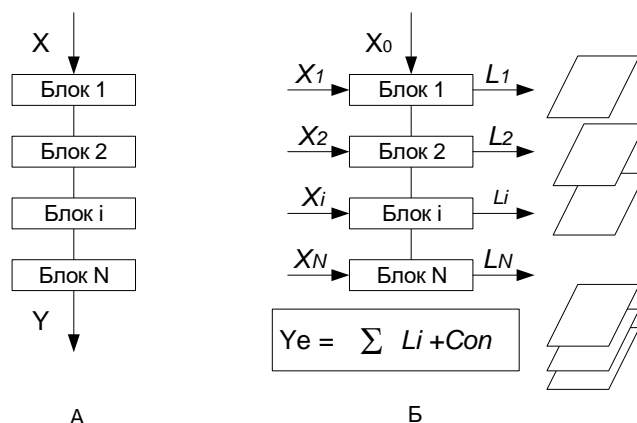


Рис.1. Два типа моделей принятия решений

На рис.1А приведен последовательная цепочка действий, которой соответствует прямой алгоритм. В схеме на рис.1А выход этапа служит входом для следующего этапа. Такие модели называют секвенциями, поскольку в них входы выходы этапов согласованны. Однако прерывание этапа прерывает всю цепочку. В этой модели существует одна общая рациональность действий.

На рис.1Б приведен последовательно-параллельная модель формирования решений. Эта модель выдает результат на каждом этапе принятия решений уровне, но при наличии независимых входов для каждого этапа. Такая стратифицированная модель - это совокупность частных моделей в общей модели принятия решений. Можно говорить о синтагматических моделях по горизонталям (уровням) и парадигматических [40, 41] моделях по вертикали. В этой модели существует одна общая рациональность и совокупность индивидуальных.

Комбинаторные методы в социальной кибернетике.

Методы комбинаторики и дискретной математики позволяют использовать преимущество перечислений вариантов для решения принятия решений как многочисленных допустимых эвристик в получении решения. Эвристикой в данном случае называют модель, построенную по комбинаторным принципам. Такую модель можно характеризовать как перечислительную модель принятия решений. Однако один и тот же набор эвристик как модель может быть аддитивно составлен многими способами. Поэтому качество перечислительной модели принятия решений зависит от выбора метода перечислений. Сосредоточив внимание на эвристике вычислений, можно описать процедуру, которая принимает детерминистическую задачу планирования или управления. Модель, используя прямой поиск и набор допустимых эвристик, выводит *оптимальный* аддитивный состав управленческих операций по отношению к общей задаче принятия решений. Показано [42], что эта процедура по вычислительной сложности является процедурой *полиномиального времени* для произвольных наборов вычислительных операций. Это характеризует данный подход как относительно не сложный.

Информационная конструкция как кибернетическая модель

Конструктивные объекты можно разделить на две категории - объекты сущности и объекты процессы. Объекты сущности задают конечную структуру. Объекты процессы осуществляют передачу данных по вычислительной структуре. Конструктивные объекты процессы задают последовательность конечных действий, в известном смысле это вычислительные модели. Совокупность правил, определяющих построение новых вычислительных моделей, называют конструктивным алгоритмом. Обобщенные алгоритмы, на основе которых могут быть построены специализированные алгоритмы называют мета-алгоритмами или мета моделями [43]. Если переносить этот метод на моделирование, то информационная конструкция в терминах конструктивной математики является мета моделью. В конструктивной математике доказательство истинности теоремы или конструкции заменяется доказательством ее реализуемости.

Методика построения моделей социальной кибернетики.

Несмотря на разнообразие моделей существуют общие правила и принципы, по которым формируют модели социальной кибернетики. При формировании моделей применяют следующие правила.

- Фиксируется область интересов как информационная ситуация (A1), в которой планируют проводить управление.
- В информационной ситуации фиксируют условия (A2), определяемые совокупностью параметров или ограничениями.
- Для условий фиксируются известные эвристики (A3) в виде паттернов [44] или правила, по которым можно провести вычисления.
- Если подходящая модель на основе эвристик не найдена, на основе аналитических исследований (A4) формируют новую модель
- Для принимаемого решения фиксируют условия (A5) его корректности и допустимости
- Выбирают критерии оценки эффективности решения (A6)
- Проводят технологические работы (B) и получают результат (P).

Эта методика имеет логическую форму

$$(A1 \wedge A2 \wedge (A3 \oplus A4) \wedge B \rightarrow (P \wedge A5) \rightarrow A6 \quad (2)$$

Существует много вычислительных моделей, которые можно отнести к конструктивным объектам. Концептуальная модель - модель предметной области, состоящей из перечня понятий, используемых для описания этой области, вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий, по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов и законов протекания процессов в ней [45]. Эта модель является теоретической предпосылкой построения вычислительной модели. На рис.2 дана схема построения модели принятия решений.

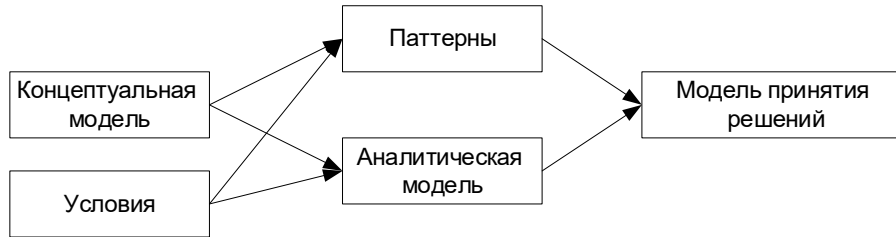


Рис.2. Схема построения модели

Особо следует остановиться на метамоделях как моделях, обобщающих опыт, моделирования и построения других моделей. Метамодель (мета - обозначает находящийся вне, за пределами, сверх) - модель, которая описывает структуру, принципы действия другой модели [43, 46]. Математическая модель — упрощенное описание реальности с помощью математических понятий [46]. Вычислительная модель может иметь форму метамодели, математической модели или эвристической модели. Математическая модель, как правило, задает детерминированный метод вычислений. Вычислительная модель может быть организована стохастически или не детерминировано. Алгоритм может быть при одной и той же математической модели организован по циклическому признаку или ациклическому признаку. Оба варианта задает вычислительная модель. Поэтому, вычислительная модель является более широким понятием по сравнению с математической моделью. К сложным моделям социальной кибернетике относят специальные информационные системы, например. ГИС [47].

Киберпространство как условие управления транспортной инфраструктурой

В настоящее время широко применяют методы цифровизации, цифровые технологии, что привело к появлению технологий цифрового бизнеса и цифрового управления [48]. Одной из парадигм цифрового управления является модель цифровых двойников [49], которая однозначно может быть применена для управления объектами транспортной инфраструктуры. Модель цифровых двойников была разработана на основе междисциплинарного переноса идей из области баз данных.

В теории баз данных применяют технологии репликации или зеркалирования. «Зеркало» - это копия базы данных, с которой пользователь работает, не затрагивая основную базу данных. С зеркальной копией пользователь работает независимо от оригинала и без связи с оригиналом. Использование идей зеркалирования в управлении промышленными предприятиями (включая предприятия транспортной инфраструктуры) привело к формированию технологии Mutual mapping [49]. Эта технология создает информационную зеркальную копию предприятия или цифрового двойника (digital twin) [50]. В отличие от зеркала базы данных цифровое зеркало предприятия транспортной инфраструктуры является активной моделью в искусственном

информационном пространстве или в киберпространстве. В этом пространстве цифровой двойник активизирует свои действия и переносит их в реальное пространство инфраструктуры предприятия. При этом имеет место информационное взаимодействие искусственного информационного пространства копии предприятия (зеркала предприятия) и реального информационного пространства предприятия.

Информационное цифровое зеркало предприятия и оригинал равноправны в пространстве управления. Но функционально цифровое зеркало становится основой управления реальным предприятием. Это относится к кибернетике четвертого порядка. Такая взаимосвязь и управление обусловлено более высокой скоростью анализа и принятия решений в цифровом инфраструктурном зеркале. Копия предприятия сохраняет все связи, но анализирует быстрее ситуация за счет исключения тормозящего звена -человека. Реальная ситуация моделируется и посылается в копию (зеркало) предприятия. В зеркале на порядки быстрее ситуация анализируется и принимается решение.

Решение, сформированное цифровым двойником, посылается в информационное пространство реального предприятия. Управляемое предприятие в режиме он-лайн использует решения, полученные в цифровом зеркале [51]. Такая технология открывает дополнительные возможности для управления и производства

Заключение

Модель принятия решений в социальной кибернетике создается первоначально на основе концептуальной модели. Модель принятия решений является финитным объектом по структуре и является моделью потенциальной осуществимости. Модели, рассматриваемые в теории и в технологиях принятия решений, являются результатами конечных комбинаций простейших действий над четко различимыми исходными данными. Обобщенно модель социальной кибернетики может быть рассмотрена как конечная комбинация информационных единиц [52].

Такая модель включает наборы операторов и операндов, а также единицы информационного взаимодействия между ними. Кибернетическая модель является более общей по отношению к математической модели, поскольку при одинаковой аналитике возможны разные технологические решения. Кибернетическая модель может быть рассмотрена и представлена как конструктивный объект. Как конструктивный объект она обладает конечностью. Как концептуальный объект она содержит элементы абстракции и обобщения. Как метамодель объект она обладает способностью порождения конкретных моделей. В этом случае модели часто формируют на основе рекурсии.

Существует ряд ограничений применения данной технологии. Например, «цифровое зеркало» не может одновременно управлять большим количеством реальных предприятий инфраструктуры. Это обусловлено ограниченными возможностями вычислительных моделей при наличии проблемы «больших данных». Поэтому для больших предприятий транспортной инфраструктуры необходимо создавать индивидуальных цифровых двойников и свое киберпространство. Цифровое управление является новым шагом в развитии цифровых технологий производства и управления. Модель цифрового зеркала позволяет создать кибернетическое пространство, которое контролирует материальное производство.

Структурно данная технология относится к области распределенного управления и содержит недостатки, присущие распределенным технологиям. Для распределенных предприятий большого масштаба характерна асинхронность информационных потоков и значимые времена задержки. Поэтому в данном варианте технология применима для предприятий среднего и

малого масштаба. Проект цифрового двойника транспортной инфраструктуры целесообразно внедрять как проект интегрированной системы с включением в нее кибер-физических систем [53]. Это означает, что данный подход ведет к смене автоматизированных систем управления на кибер-физические системы

Список литературы

1. Geyer F., Van der Zouwen J. Introduction to the main themes in sociocybernetics // *Contributions in sociology*. – 2001. – Т. 132. – С.1-16.
2. Scott B. The sociocybernetics of observation and reflexivity // *Current Sociology*. – 2019. – Т. 67. – №. 4. – С.495-510.
3. Hornung B. R. The challenges for sociocybernetics // *Current Sociology*. – 2019. – Т. 67. – №. 4. – С.511-526.
4. Цветков В. Я. Основы теории сложных систем: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 152 с.
5. Noche M. Social Theory. – Technical Report Stanford, 2020.
6. Condorelli R. et al. Complex systems theory: some considerations for sociology // *Open Journal of Applied Sciences*. – 2016. – Т. 6. – №. 07. – С.422.
7. Tsvetkov V.Ya., Shaytura S.V., Sultaeva N. L. Digital Enterprise Management in Cyberspace. 2nd International Scientific and Practical Conference “Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth” (MTDE 2020). *Advances in Economics, Business and Management Research, volume 138*, 361-365.
8. Кудж С.А., Цветков В.Я. Закономерности информационного поля: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 80 с.
9. Баранов С. Н. и др. Некоторые приложения лямбда-исчислений с типами к атрибутным вычислениям в системах категорных преобразований графов // *Труды СПИИРАН*. – 2012. – Т. 4. – №. 23. – С. 296-323.
10. Рогов И.Е. Аппликативные вычислительные системы // *Славянский форум*. -2019. – 3(25). - С.206-215.
11. Титов Е.К. Аппликативные ситуационные вычисления // *Славянский форум*. -2019. – 4(26). - С.146-155.
12. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Информационные процессы в пространстве «больших данных» // *Мир транспорта*. 2017. – Т.15 , №6(73). – С.20-30.
13. Буравцев А.В., Цветков В.Я. Облачные вычисления для больших геопространственных данных // *Информация и космос*. 2019. - №3. –С.110-115.
14. Непейвода Н. Н. Конструктивная математика: обзор достижений, недостатков и уроков. Часть I // *Логические исследования*. – 2011. – №. 17. – С.191-235.
15. Цветков В.Я. Информационные конструкции и принципы конструктивной математики // *Славянский форум*. -2019. – 4(26). - С.156-164.
16. Verwey, S., & Davis, C. (2011). "Sociocybernetics and autopoiesis-new laws of organisational form?". *Communicare: Journal for Communication Sciences in Southern Africa*. 30: 1–26.
17. Luís M. A. Bettencourt, José Lobo, Dirk Helbing, Christian Kühnert, and Geoffrey B. West. Growth, innovation, scaling and the pace of life in cities. <http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/0610172104v1>.

18. E.g. Korotayev, A., Malkov, A., & Khaltourina, D. (2006) Introduction to Social Macrodynamics: Secular Cycles and Millennial Trends. Moscow: URSS. ISBN 5-484-00559-0. Chapter 4.
19. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – Наука, 1983. – С. 344.
20. Almaguer-Kalixto P. E., Giglietto F. Steering the world from where we are: An introduction to the sociocybernetics perspective // Current Sociology. – 2019. – Т. 67. – №. 4. – С. 479-494.
21. Mancilla R. G. Introduction to sociocybernetics (Part 1): Third order cybernetics and a basic framework for society // Journal of Sociocybernetics. – 2011. – Т. 9. – №. 1/2.
22. Безгин К. С. Методологические основы функционирования инновационно-активных сред совместного создания ценности // Экономика і організація управління. – 2017. – №. 1. – С. 17-28.
23. Шабалина О. А. и др. Категоризации кибернетики // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине. – 2018. – С. 436-440.
24. Maturana H., Varela F. Autopoiesis and Cognition. – Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1980. – 143 p.
25. Буравцев А.В., Цветков В.Я. Аутопойезис сложной организационно-технической системы // Дистанционное и виртуальное обучение. 2018. - № 2(122). – С.5-11.
26. Розенберг И.Н., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Комплексные инновации в управлении сложными организационно-техническими системами. /под ред. В.И. Якунина - М.: Феория, 2010 - 248с.
27. Roberto Gustavo Mancilla. Introduction to Sociocybernetics (Part 2): Power, Culture and Institutions // Journal of Sociocybernetics/ Vol. 10 No. 1/2 (2012) doi.org/10.26754/ojs_jos/jos.20121/2625.
28. V. Ya. Tsvetkov, V. T. Matchin. Information Conversion into Information Resources// European Journal of Technology and Design. – 2014. - № 2(4), p.92-104.
29. Mancilla R. G. Introduction to sociocybernetics (part 3): fourth order cybernetics // Journal of Sociocybernetics. – 2013. – Т. 11. – №. 1/2.
30. A.S. Sigov and V. Ya. Tsvetkov. Tacit Knowledge: Oppositional Logical Analysis and Typologization // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2015, Vol. 85, No. 5, pp. 429–433. DOI: 10.1134/S1019331615040073.
31. Елсуков П.Ю. Трансформация неявного знания // Славянский форум, 2016. -4(14). – С.87-93.
32. Tsvetkov V. Ya. Information interaction // European researcher. 2013. № 11-1 (62). С. 2573-2577.
33. Матчин В.Т. Применение эволюционного моделирования для регенерации программного обеспечения // Образовательные ресурсы и технологии. – 2019. - №4 (29). – С.42-52.
34. Богоутдинов Б.Б., Цветков В.Я. Применение модели комплементарных ресурсов в инвестиционной деятельности // Вестник Мордовского университета. - 2014. - Т. 24. № 4. – С.103-116.
35. Дулин С.К., Цветков В.Я., Щенников А.Н. Комплементарные ситуации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2020. – № 1 (30). – С. 75-82. doi: 10.21777/2500-2112-2020-1-75-82
36. Логинова А.С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки. - 2015. - № 3. - С. 297-301.

37. Цветков В.Я. Применение принципа субсидиарности в информационной экономике // Финансовый бизнес. -2012. - №6. - С.40-43.
38. Козлов А. В. Саморазвитие субсидиарных систем // Славянский форум. -2019. – 3(25). - С.125-132
39. Цветков, В.Я., Мордвинов В.А. Подход к систематизации алгоритмов // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 7, №4(26). - С. 388-397.
40. Елсуков П.Ю. Парадигматические и синтагматические отношения в дихотомическом делении // Славянский форум. -2019. – 3(25). - С.19-26.
41. Чехарин Е.Е. Парадигматические и синтагматические отношения в информационном моделировании // Перспективы науки и образования. - 2016. - №4. - С.13-17
42. Katz M., Domshlak C. Optimal admissible composition of abstraction heuristics //Artificial Intelligence. – 2010. – Т. 174. – №. 12-13. – С. 767-798.
43. Tsvetkov V.Ya., Shaitura S.V., Minitaeva A.M., Feoktistova V.M., Kozhaev Yu.P., Belyu L.P. Metamodelling in the information field // Amazonia Investiga. 2020. Т. 9. № 25. С. 395-402.
44. Щенников А.Н. Использование паттернов при конструировании алгоритмов// Славянский форум. -2018. – 1(19). - С.96-103.
45. Корнаков А.Н. Концептуальная модель процессов информационного управления промышленной организации. // Вестник Московского Государственного Областного Университета/ Экономика. – 2010. – № 2. – С.95–100.
46. Математика. Большой энциклопедический словарь /Гл. ред. Ю.В. Прохоров. 3-е изд. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2000 - 848с.
47. Andri Supriadi, & Teddy Oswari. (2020). Analysis of Geographical Information System (GIS) design application in the Fire Department of Depok City. *Technium Social Sciences Journal*, 8(1), 1-7. Retrieved from <https://techniumscience.com/index.php/socialsciences/article/view/181/>.
48. Chaffey D., Hemphill T., Edmundson-Bird D. Digital business and e-commerce management. – Pearson UK, 2019.
49. Funke K., Banhatti R. D. Coupling model and MIGRATION concept–Equivalence and mutual mapping //Journal of non-crystalline solids. – 2007. – Т. 353. – №. 41-43. – С. 3845-3852.
50. Glaessgen E., Stargel D. The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles //53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference 20th AIAA/ASME/AHS adaptive structures conference 14th AIAA. – 2012. – С. 1818.
51. Lenard M. J., Akhter S. H., Alam P. Mapping mutual fund investor characteristics and modeling switching behavior //Financial Services Review. – 2003
52. Ozhereleva T. A. Systematics for information units // European Researcher. 2014, № 11/1 (86), pp. 1894-1900. DOI: 10.13187/er.2014.86. 1900
53. Цветков В.Я. Управление с применением киберфизических систем // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - С.55-60.

УДК: 333.24 65.0 004.08

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППАМИ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

- Козлов А. В.** Зам. директора Физико-технологического института, Московский технологический университет (МИРЭА), E-mail: avkozlov82@bk.ru, Москва, Россия
- Матчин В. Т.** Ст. преподаватель, Московский технологический университет (МИРЭА), E-mail: matchin.v@gmail.com, Москва, Россия
- Аннотация.** В статье анализируется развитие и применение методов и алгоритмов для группового управления транспортом. Актуальность исследования обусловлена необходимостью решения сложных задач управления группами подвижных объектов. Раскрывается сущность группового управления, которое основано на применении качественно разных алгоритмов. Описаны проблемы программного обеспечения, обусловленные разнообразием данных, некорректностью логики и укороченным жизненным циклом программного обеспечения. Предлагается решение этих проблем на основе регенерации программ. Предлагается рассматривать программное обеспечение как систему, состоящую из программных компонент. Вводится понятие накопленная надежность и надежность исходного продукта. Показано, что с течением эксплуатации накопленная надежность повышается. Доказано, что для группового движения значение алгоритмов повышается и возникает необходимость их сбалансированного применения.
- Ключевые слова:** транспорт, системы управления транспортом, групповое движение, алгоритмы и качество управления, накопленная надежность, регенерация программ, пространственное управление.

METHODS AND ALGORITHMS FOR CONTROLLING GROUPS OF MOVING OBJECTS

- Kozlov A. V.** Deputy Director of the Physics - Technological Institute, Moscow Technological University (MIREA), E-mail: avkozlov82@bk.ru, Moscow, Russia
- Matchin V.T.** Senior Lecturer, Moscow Technological University (MIREA), E-mail: matchin.v@gmail.com, Moscow, Russia
- Annotation.** In the article is analyzed the development and application of methods and algorithms for group transport control. The relevance of the study is due to the need to solve complex problems of managing groups of moving objects. The article reveals the essence of group management. Group control is based on the use of qualitatively different algorithms. Described software problems caused by data diversity, incorrect logic and shortened software life cycle. The authors regard software as a system consisting of software components. The authors introduce the concepts of accumulated reliability and reliability of the original product. It is shown that the accumulated reliability increases with the course of operation. The article proves that for group movement the importance of algorithms is higher and there is a need for their balanced application.

Keywords: transport, transport control systems, group traffic, control algorithms, quality of control and algorithms, accumulated reliability, program regeneration, spatial control..

Введение.

На практике управление подвижными объектами осуществляют как над отдельными транспортными единицами, так над и группами подвижных объектов. Особую сложность представляет управление группами объектов [1-3], так как в этом случае надо управлять не только объектами, но и пространственными отношениями [4, 5] между ними. При управлении группами [6] возникает понятие сложности управления, которое создает информационный барьер [7] для ЛПР и для автоматизированных систем управления.

Одним из подходов преодоления информационного барьера сложности является применение программного обеспечения [1]. Его применяют в информационных системах управления, в системах интеллектуального управления [8, 9], в интеллектуальных системах [10, 11], в кибер-физических системах [12]. Простейшей системой подвижных объектов на железнодорожной дороге является состав. В этой групповой системе вагоны жестко связаны и, в силу этого, движение является относительно синхронным. Более точно, такое движение является и волновым.

Альтернативой движению железнодорожного состава является движение группы роботов [1-3] или мультиагентов в группе. Вместо жесткой связи каждый агент имеет свое автономное или субсидиарное [13] программное обеспечение, которое условно включает три части: контроль состояния объекта, локальная связь с соседними объектами, групповая связь с движением группы. Важнейшим условием успешного функционирования групповых систем является надежность его управления. В мультиагентных или робототехнических системах качество управления определяется качеством программного обеспечения.

Транспортные кибер-физические системы (ТКФС) [14, 15] для управления применяют интеллектуальное распределенное моделирование. Алгоритмы их работы похожи на мультиагентные алгоритмы [16, 17] и субсидиарные алгоритмы [18]. Особенность ТКФС в их способности объединяться в группы и реализовывать групповое управление. Кибер-физические системы (КФС) описаны достаточно подробно [12]. Существует дифференциация их применения даже в сфере транспорта [9]: транспортные кибер-физические системы автономного управления отдельными подвижными объектами; КФС управления трафиком; мобильные КФС; авиационные КФС; робото-технические КФС и др. Однако, автоматизированные системы управления, интеллектуальные системы управления и КФС - все используют алгоритмы и программное обеспечение.

Можно ввести два новых понятия системы группового управления мобильными объектами (СГУМО) и сложные вычислительные системы (СВС), которые предназначены для управления в СГУМО. Это делает актуальным анализ применения программного обеспечения и СВС для управления транспортом в части управления группами подвижных объектов.

Проблема качества программного обеспечения при управлении подвижными группами.

Качество управления в СГУМО зависит от качества программного обеспечения. Качество программного обеспечения (ПО) зависит от корректной логики программы [19] и от ее работы

на разнообразных наборах входных данных. В настоящее время характерно появление данных, которые при первоначальной проектировке программы не были учтены. Это создает трудности для применения ПО и может снижать качество обработки. В современных условиях характерно появление новых задач или модификация старых задач, которые при первоначальной проектировке ПО не были учтены. Это создает трудности для логики программного обеспечения.

Важным фактором является жизненный цикл ПО. Программное обеспечение устаревает морально или физически в силу новых требований или при появлении новых операционных систем. Последний фактор создает трудности для эксплуатации программного обеспечения. Если рассматривать программное обеспечение для группового управления, которое может быть много целевым [20, 21], то перечисленные трудности возрастают и приобретают дополнительные формы. Для повышения качества ПО необходимо применять его модернизацию, обновление или регенерацию [22, 23].

Проанализируем надежность ПО, которое применяют при управлении группами объектов. Надежность считается составной моделью, которая может включать разные совокупности параметров с разными весами: моральную стойкость, безотказность, устойчивость, адаптивность, модернизируемость, сохраняемость или любые сочетания этих параметров. На первой стадии надежность ПО проверяет разработчик.

В силу невозможности выявления всех программных ошибок и ограниченности времени на тестирование программ, существует повсеместная объективная ситуация, в которой производители ПО не проводят его полное тестирование. В результате пользователь не получает полную информацию о недоработках и потенциальных ошибках в приобретаемом ПО продукта со стороны производителя. Можно фиксировать факт того, что производители программного обеспечения выпускают программные продукты, реальная надежность (РН) которых не определяется. Для таких продуктов ПО имеет место фактическая характеристика надежности как надежность исходного продукта (НИП). На практике при приобретении ПО имеет место.

РН<НИП

Такая ситуация получила название «информационная асимметрия» [24]. Американская компания (Robot Operating System - ROS) [25] провела исследования на десяти тысячах приложений и выявила в сдаваемом ПО существование исходных ошибок в 84% случаях. Убытки, возникающие по этой причине и необходимости устранения дефектов, составляют от 22 до 60 миллиардов долларов в год [26]. Это оценка стоимость устранения ошибок при начале эксплуатации. Стоимость устранения ошибок на этапах эксплуатации возрастает на порядок. Многие специализированные информационные системы управления важными объектами, тепловыми электростанциями, транспортом, мегаполисом - функционируют под управлением ПО, содержащего дефекты, уязвимости, не говоря о возможных закладках. Это создает дополнительный риск функционирования таких объектов. Специализированные информационные системы управления подвижными объектам также содержат ПО, содержащее скрытые дефекты. Это создает условия дополнительной аварийности подвижных объектов и особенно при их движении в группе

Пользователь в процессе эксплуатации ПО выявляет ошибки и устраняет их. Постепенно он накапливает опыт по устранению ошибок и трансформирует [27] его в информационный ресурс

по эксплуатации ПО. В результате действий пользователя по устранению ошибок и накоплению опыта надежность программного обеспечения и его качество возрастают. Эта надежность может быть охарактеризована как накопленная надежность. Накопленная надежность (НН) и накопленное качество (НК) выше, чем надежность и качество исходного продукта. В результате такой эксплуатации накопленная надежность повышается и становится выше первоначальной.

НН>НИП

С течением времени накопленная надежность повышается, однако, при установке нового ПО или модернизации старого ПО на основе замены программных компонент появляются новые ошибки, а накопленная надежность исчезает. В случае применения процедур регенерации [22, 23] накопленная надежность сохраняется и это повышает качество управления подвижными объектами. За рубежом часто используют термин управление изменениями, который связан с технологиями (ITIL). Управление изменениями и технологии регенерации является единственным инструментом, который сохраняет опыт эксплуатации ПО и позволяет его модернизировать.

Качество процессов в подвижных системах.

Различают стационарные и подвижные объекты по методам оценки их надежности. Подвижные объекты иногда называют динамическими, иногда процессуальными в силу протекания в них процессов, которые влекут управляемое изменение состояния этих объектов. Оценка надежности процессуальных объектов (движущихся объектов) отличается от оценки качества стационарных (неподвижных) объектов. Качество чаще всего определяют как совокупность характеристик объекта, задающих способность объекта удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности. Применительно к программному обеспечению, обслуживающему подвижные объекты, также можно говорить о двух видах программного обеспечения. Качество оценивает изготовитель ПО с помощью существующих нормативов и потребитель по критериям эксплуатации объекта (ПО). В процессе «создания качества» участвуют разработчики и потребители. Термин качество стационарной продукции имеет несколько различных определений.

В стандарте ГОСТ 15467-79: совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением.

В стандарте ИСО 8402—86: «Качество — совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности потребителя».

В стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2015: «Качество — степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям».

Рассмотренные определения делают оценку по статическим характеристикам и исключают рассмотрение влияния процесса эксплуатации на качество. Для программного обеспечения и процессуальных продуктов такие определения качества частично неприемлемы из того, что качество оценивается по фиксированным параметрам и по результатам работы. На качество процессуального продукта влияет ситуация, которую при многих оценках качества не рассматривают.

На результат работы программного обеспечения (или движущегося объекта) дополнительно влияют условия ситуации вычислений или движения. Производительность программы

определяется объемами данных, сочетаниями типов данных, которые эта программа обрабатывает и условиями вычислительных ситуаций. Производительность программы, управляющей группой подвижных объектов, определяется условиями ситуаций, в которых группа подвижных объектов находится.

Поэтому на практике производительность программы (это тоже одна из характеристик качества ПО) проверяется по набору бенчмарков – тестирующих наборов данных. В одних бенчмарках преобладают целые числа, отсюда программа оценивается по работе с целочисленной информацией. В других бенчмарках преобладают вещественные числа и программа оценивается по работе с вещественными числами. В третьих бенчмарках используют наборы смесей целочисленной, вещественной и текстовой информации. На разных наборах ПО имеет разную скорость вычислений и это влияет на работу информационной системы, в которую это ПО входит. При управлении подвижными объектами это влияет на состояние и движение подвижного объекта. Это дает основание говорить о зависимости эффективности и качества ПО от внешних факторов, а не только от внутренних факторов.

Общий вывод. Для повышения качества процессуальных объектов и создания накопленного качества процессуальных объектов необходимо оптимизировать архитектуру вычислительного комплекса, необходимо создавать условия комплементарности для технологий управления или обработки, необходимо создавать условия комплементарности для взаимодействия модулей и компонентов системы вычисления или управления. Дополнительно необходимо накапливать опыт по оценке совместимости и взаимного влияния программных компонент

В настоящее время наметилась тенденция разработки ПО в виде программных компонент (ПК). Первоначально это были модули, затем добавилась разработка интерфейсов и затем разработка архитектуры ПО. Модификация систем управления подвижными объектами включает модификацию ПО, то есть модификацию ПК. Модификация может происходить как обновление (замена) или как регенерация (замена компонент, связей и связанных технологий). По сравнению с одним подвижным объектом можно отметить разнообразие условий и особенностей функционирования ПО для групповых систем управления, особенно в сфере транспорта. Это относится, в первую очередь, к беспилотным транспортным средствам и к информационным системам управления транспортными роботами.

Стандарт ISO/IEC 25010:2011 как основа регенерации систем.

Основой перехода от обновления к регенерации программного обеспечения информационных систем в настоящее время являются отечественный стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 «Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов» и зарубежный стандарт ISO/IEC 25010:2011 «Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программного обеспечения». Современная концепция развития программного обеспечения происходит на основе системной и программной инженерии [2]. Этот интегрированный подход требует проводить разработку информационных систем и программного обеспечения к ним с позиций качества. В соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 в системах выделяют не одно как раньше качество системы, а три модели качества, входящие в систему. В соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 в системах выделяют три модели качества: модель самого алгоритма и модель применения алгоритма, модель качества данных. Поэтому

разработка любой информационной или управляющей системы связана с разработкой программного обеспечения, с разработкой качественной модели данных. Поэтому разработка любой информационной или управляющей системы связана с оценкой трех качеств или моделями трех качеств в управлении или вычислении: модель качества ПО, модель качества технологии применения ПО и модель качества данных.

Поэтому разработка любой системы связана с разработкой качественной модели данных. В силу этого обновление или замена ПО связана с необходимостью обновления технологии применения ПО в информационной системе и обновлением типов данных и их сочетаний.

Применительно к подвижным объектам идеи этого стандарта трансформируются следующим образом в виде триады. Данные – это ситуация движения, которая может меняться и не является стационарной. ПО - это ядро и основа управления подвижной группой. Технология применения ПО – это технология управления движением объектов в группе. Следовательно, эта триада в связанной совокупности определяет управление группами подвижных объектов.

Механизм движения и регенерации движения

В системах групповых подвижных объектов разделяют два типа объектов: связанные и субсидиарные [28]. Связанной системой подвижных объектов на железнодорожном транспорте является состав. В этой системе объекты жестко связаны и движение является условно синхронным. Субсидиарной системой подвижных объектов является группа роботов или мультиагентов (муравьи, пчелы, стая птиц).

При рассмотрении жесткой групповой системы, например вагонов в подвижном составе, движение всех объектов синхронное. Синхронность обеспечивается наличием жесткой связи между вагонами и отсутствием степеней свободы. При движении группы существует групповая и локальные цели [28]. Групповая цель - конечная точка назначения всего состава. Локальная цель – цель одного вагона. Один вагон может двигаться до своей промежуточной станции, где его отцепляют. Для реализации локальной цели меняется групповая цель. Весь состав останавливается и ждет отцепки или добавления вагона. Эта модель движения имеет два варианта, которые показаны на рис.1 и рис.2.

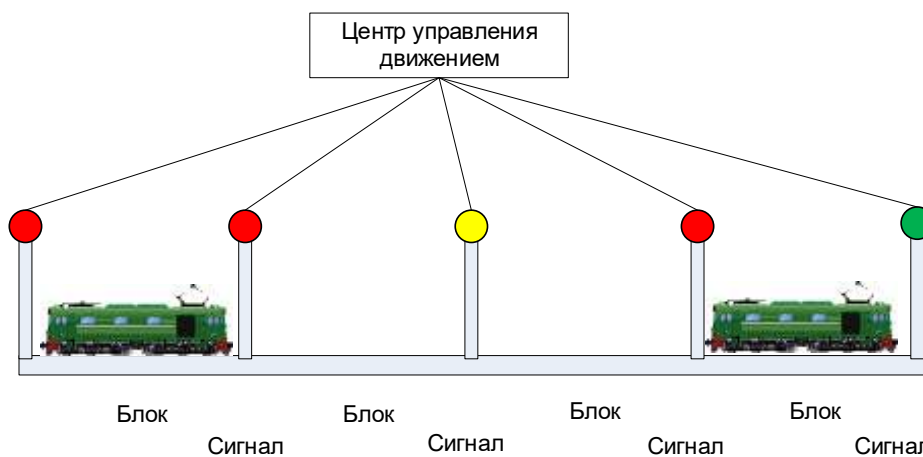


Рисунок 1. Сигнально-блоковая модель движения.

Довольно долго существовала сигнально-блоковая модель движения (рис.1). Согласно этой модели, участок движения делится на пространственные блоки, разделенные сигнальными устройствами. Движение внутри блока является независимым от движения в других блоках.

Движение внутри блока разрешено при наличии разрешающего сигнала. Въезд в блок запрещен при наличии запрещающего сигнала. Недостатком модели является низкая пропускная способность, поскольку она допускала пустующие блоки (рис.1)

Эта модель движения является централизованной. Для ее реализации вводят и используют центр управления движением (рис.1). Управление движением, по существу, сводится к управлению въездом и выездом из блока. Хотя управление в этом случае осуществляется из диспетчерских пунктов, можно говорить об алгоритме организационного управления и о программном обеспечении, которое как поддержка применяется в централизованном управлении. Эта модель управления достаточно простая с позиций человеческого восприятия механизма управления. Программное обеспечение в таком управлении применяется как механизм снижения информационной нагрузки на человека и инструмент трансформации информации в форму, понятную и воспринимаемую человеком. Вторая модель движения является децентрализованной (рис.2).

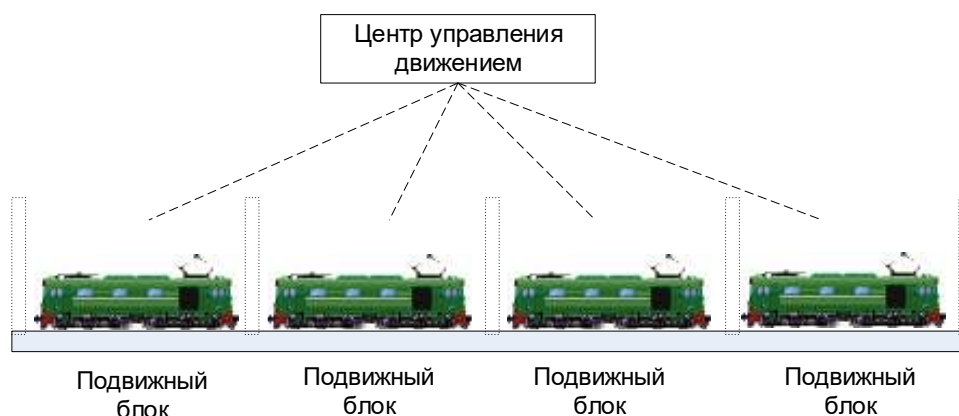


Рисунок 2. Модель движения «плавающих» блоков.

Для реализации такой модели используют, в первую очередь, программное обеспечение и компьютерную обработку информации. В этой модели сигнальные устройства заменяют на систему коммуникации, соединенную с автономными вычислительными устройствами. Блоки в этой модели существуют, но они не фиксированы, а являются подвижными или плавающими. Поэтому такую модель называют также моделью виртуальных блоков [29], моделью «конверта» или моделью без светофорного движения (рис.2).

Модель движения с плавающими блоками включает расчет дистанции между поездами на основе величин: скорости, веса поезда, факторов торможения и прочих факторов. Особенностью железнодорожного движения является то, что движение осуществляется только по направлению рельс. Состав, как совокупность связанных объектов, движется по групповым правилам. Сложность управления в модели виртуальных блоков существенно возросла. В этой модели размер блока, хотя и вычисляется в движущемся средства, дополнительно контролируется в центре управления. На рисунке 1 сплошные линии обозначают управление, на рисунке 2 пунктирные линии обозначают контроль. Фактически данная модель (рис.2) является двойной моделью управления или субсидиарной моделью.

Поскольку значение программного обеспечения во второй модели выше можно говорить об алгоритмах информационного управления и о программном обеспечении, которое реализует эти алгоритмы. Можно констатировать, что организационное управление первой модели

заменяется на информационное управление второй модели. В информационном управлении ПО диверсифицировано. Оно состоит из программных компонент (ПК), отвечающих за разные функции. Существует ПК, которое отвечает за движение всего поезда. Существует ПК, которое отвечает за состояние отдельного вагона поезда. Существует ПК, которое отвечает за модель блока. Существует ПК, которое анализирует состояние дороги. Существует ПК, которое отвечает за экстренные ситуации и так далее.

Для подвижных групп объектов выделяют по меньшей мере три алгоритма управления: индивидуальный (целевой) алгоритм управления ИАУ, локальный (относительный) алгоритм управления ЛАУ, групповой (массовый) алгоритм управления ГАУ. По иерархии разделяют ГАУ, ЛАУ, ИАУ.

Алгоритм ИАУ – регулирует в первую очередь автономное состояние подвижного объекта, во вторую, движение подвижного объекта исходя из своей локальной цели. Например, если подвижный объект попадает в аварийное состояние или достигает своей локальной цели, то локальная цель становится более приоритетной. Если один из объектов достигает своей локальной цели, то он выходит из группы, но движение всей группы (потока) не прерывается.

Алгоритм ЛАУ – регулирует автономное движение подвижного объекта в группе, исходя из ближайших соседей. Для вагонов поезда такое движение невозможно, но для группы роботов, группы БПЛА, мультиагентов такое поведение возможно и его регулирует ЛАУ. В математике есть алгоритм поведения ближайшего соседа. В данном случае ЛАУ является когнитивным аналогом алгоритма «ближайшего соседа». Алгоритм ЛАУ также является аналогом алгоритма построения виртуального блока.

Мультиагентами можно считать автомобили на трассе, которые обладают свободой остановки, перестроения, обгона или торможения по отношению к транспортному потоку. Если впереди идущий автомобиль выбывает из потока и сворачивает в сторону, то соседние автомобили смыкаются и заполняют пространство до соблюдения необходимой дистанции. Это пример адаптивного ЛАУ алгоритма. И наоборот, если объект с боковой полосы хочет занять место в потоке, то другие объекты притормаживают, пропуская новый объект на трассу. Это пример регенерации потока автомобилей, Автомобиль, управляемый человеком или беспилотный автомобиль, можно рассматривать как мультиагент. Совокупность автомобилей на трассе образует мультиагентную систему, которая имеет групповые и индивидуальные характеристики. Различие между автомобилем с человеком и беспилотным транспортным средством в том, что в автомобиле управление осуществляется по когнитивному алгоритму, а в беспилотном транспортном средстве управление осуществляется с помощью детерминированного программного обеспечения, которой содержит вычислительные алгоритмы. Человек – мультиагент является носителем когнитивного алгоритма. Транспортное средство, управляемое программным путем, является носителем вычислительного алгоритма.

Алгоритм ГАУ – регулирует состояние объекта в транспортном потоке. Например, на красный свет для группы автомобилей. Останавливается головной объект группы, и вся группа повторяет его действие. Таким образом, в линейном транспортном потоке движением одного объекта в группе управляют три качественно разных алгоритма ИАУ, ЛАУ, ГАУ. Взаимоотношение между этими компонентами регулирует процесс регенерации потока. При таком движении каждый объект в транспортном потоке имеет свое многоцелевое и много алгоритмическое управление. Схема управленческих отношений для звена системы подвижных объектов приведена на рис.3.

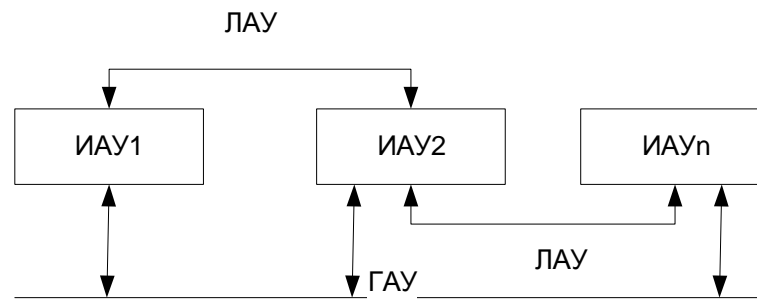


Рисунок 3. Три типа алгоритмов, отвечающее за управление движением объекта в группе.

Транспортный поток при многополосном движении можно рассматривать как группу и как систему слабосвязанных объектов в группе. Такая система имеет разные алгоритмы поведения: групповые, локальные и индивидуальные. Это относится как к живым организмам, к интеллектуальным агентам, так и к техническим групповым системам, которые управляются программно.

На рис.3 прямоугольникам показаны три объекта, каждый из которых содержит свое программное обеспечение (ИАУ) или целевой алгоритм поведения. Для управления позицией в информационной ситуации относительно соседей применяется второй вид программного обеспечения ЛАУ. ЛАУ можно рассматривать как программное обеспечение относительного движения между ближайшими соседями. Оно регулирует отношение с соседями. Наконец подвижный объект находится в потоке или в группе. Поэтому для регулирования поведения в группе необходимо групповое программное обеспечение. Это программное обеспечение условно называется ГАУ - программное обеспечение группового поведения. Три алгоритма регулируют поведение объекта в слабосвязанной системе и образуют триаду. На рис.4 дана триада отношений [30] подвижного объекта в группе или в транспортном потоке.

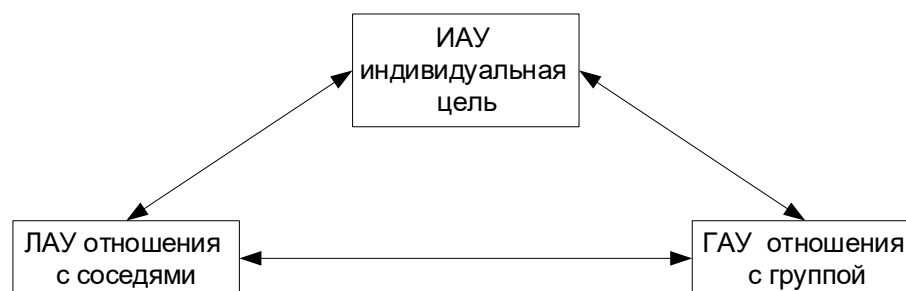


Рисунок 4. Триада отношений подвижного объекта в транспортном потоке.

Схема на рис.4 описывает не только поведение подвижного объекта в потоке, но и, например, поведение человека в толпе. Человек имеет индивидуальную цель стоять и слушать или пробиваться через толпу. Он должен взаимодействовать с ближайшими соседями. Он должен подчиняться законам толпы, если она вдруг побежит или начеет движение в какую-то сторону. Схема на рис.4 описывает поведение подвижного объекта на море, в первую очередь парусного судна. Таким образом, в подвижной группе за движение объекта отвечают три качественно разных компонента или три алгоритма ГАУ, ЛАУ, ИАУ. Взаимоотношения между этими компонентами регулирует процесс регенерации. Таким образом движение (поведение)

подвижного объекта (МО) можно описать аддитивной моделью вида

$$MO = f1(ИАУ) p1 + f2(ЛАУ) p2 + f3(ГАУ) p3 + \varphi(p1, p2, p3), \quad (1)$$

В выражении (1) $p1, p2, p3$ – веса автономного, относительного и группового алгоритмов. Функция $\varphi(p1, p2, p3)$ отвечает за расчет весов, то есть она является ситуационной. Следовательно модель информационной ситуации присутствует и влияет на алгоритмы и движение объектов в группе.

В когнитивных мульти агентах (много потоковое движение по трассе) оценка веса или важности управления решается в когнитивном пространстве водителя. При управлении дронами это решается специальной функцией программного обеспечения или руководящей директивой из центра управления.

Вне железной дороги возможно много потоковое движение с возможностью перехода из потока в поток. На рис. 5 приведен пример много потокового движения по трехполосной автодороге.

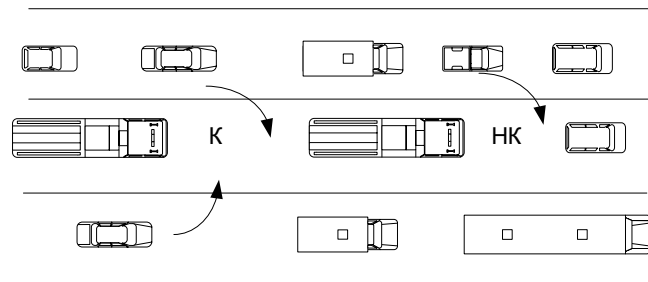


Рисунок 5. Многопотоковое движение по трехполосной дороге.

Много потоковое движение по трехполосной автодороге можно рассматривать как многогрупповое движение.

Каждый поток можно рассматривать как связанную группу. Он может двигаться с разной скоростью. Между транспортными средствами есть возможность переходить из потока в поток (стрелки на рис.5) или выходит из потокового движения. При этом для локальных алгоритмов возможны ситуации конфликта (К рис.5) и ситуации бес конфликтного перехода (НК рис.5) из потока в поток.

Для пространственных групп роботов или дронов существуют более сложные ситуации, которые являются нелинейными и не имеют аналогов на железной дороге. Такое движение называется массовым. На рис.6 показано движение стаи дронов в плоскости и в нескольких эшелонах плоскостей.

На рис.7 показана схема отношений отдельного объекта в группе для плоскости. Этот условный объект выделен черным цветом. Рис.7 характеризует отношение подвижного объекта в плоскостной системе подвижных объектов. При этом для выделенного подвижного объекта важны отношения не только с соседними объектами, но и с отдаленными объектами, которые имеют общую цель с данным объектом. В такой плоскостной и межплоскостной подвижной группе за массовое движение объекта отвечают большее число программных компонент.



Рисунок 6. Нелинейное движение группы подвижных объектов

Аналогом массового движения в плоскости может быть одновременное движение автомобилей по многополосной трассе (рис.5). Для дронов (рис.6) и самолетов дополнительно существует более сложная ситуация - движение вверх/вниз в разных плоскостях. Замена или дополнение объекта в такую сложную группу требует регенерации всех отношений, которая реализуется через регенерацию программного обеспечения или когнитивного обеспечения. Управление объектами в подвижной группе является ситуационным [31] и субсидиарным [32]. Его особенность в том, что оно использует не один алгоритм управления на несколько алгоритмов управления индивидуальные и групповые. Переключение между ними происходит по заранее определенным правилам.

Движение объектов в таких сложных группах координируется дополнительно заданием специального координирующего информационного пространства [33]. Если состав перемещается по рельсам и его движение ограничено, то в группах подвижных объектов на дороге и в воздухе больше степеней движения и поэтому для контроля и управления движением необходимо применять специальное информационное пространство, координирующее каждый объект и всю группу. Для группового управления существует понятие регенерации ПО, за которое отвечает функция $\varphi(p_1, p_2, p_3)$, см. выражение (1). Регенерация программного обеспечения в системах управления мультиагентными подвижными системами является обязательной процедурой при изменении ситуации движения в группе или при изменении состава группы. По существу, это интеллектуальная процедура, построенная на правилах отношений между объектами подвижной группы. В управлении жестко связанной группы существует один общий групповой алгоритм управления.

Для линейных групп однополосного движения управление более простое и более оперативное в сравнении с массовым управлением (рис.5). Поэтому построение объектов в линейную группу повышает надежность управления и упрощает процесс управления подвижной группой. Регенерация программного обеспечения означает модификацию ПО адаптивно к перестройке движущейся системы. Она не означает обязательную замену программного обеспечения, а осуществляет его реконфигурацию и изменение весовой ситуации. Процедуру регенерации необходимо применять и программировать при создании систем группового движения.

Пространственные факторы управления.

Реальное движение и управление подвижными объектами происходит в пространстве. При управлении используют пространственную информацию [34]. При разработке и реализации алгоритмов группового пространственного управления необходимо принимать во внимание

пространственные отношения. При решении задач пространственного управления необходимо применять методы пространственной логики [35]. Они служат основой построения логических схем и схем пространственных рассуждений [36, 37]. Поддержка группового пространственного движения и управления осуществляется за счет применения пространственной информации. Это приводит к необходимости применения методов геоинформатики [38] для решения задач пространственного управления. Наряду с пространственной логикой при пространственном управлении [39, 40] применяют коррелятивный анализ [41, 42] дихотомический анализ [43-45] и пространственные знания [46-49].

Заключение.

В реальной практике грузовых перевозок групповое движение является более распространенным, по сравнению с индивидуальным (дистрибутивным) движением. Штатные перевозки на железной дороге осуществляются только групповым способом. Движение караванов судов через ледовые поля также осуществляется как групповое. Автомобили в мегаполисе и на оживленных трассах также естественным путем объединяются в группы. В военных действиях транспортные средства также передвигаются группами. В процессе ведения боевых операций танки и самолеты действуют группами. Групповое движение создает синергетический эффект, поскольку в группе отдельный объект полагается на групповой алгоритм управления и тем самым снижает нагрузку на индивидуальное управление. Групповое движение отличается от индивидуального движения подвижного объекта наличием связей и отношений между объектами группы. Групповое движение отличается от движения подвижного объекта наличием разных целей и разных алгоритмов управления. Групповое движение может быть линейным, плоскостным и пространственным. Однако групповое управление требует более разнообразных алгоритмов управления. Развитие алгоритмов группового управления служит основой развития группового движения.

Список литературы

1. Каляев И. А., Гайдук А. Р., Капустян С. Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. Монография. – 2009.
2. Варламов О. О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства //Искусственный интеллект. – 2004. – №. 4. – С. 695-700.
3. Каляев И. А., Капустян С. Г., Гайдук А. Р. Самоорганизующиеся распределенные системы управления группами интеллектуальных роботов, построенные на основе сетевой модели //Управление большими системами: сборник трудов. – 2010. – №. 30-1.
4. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике// Науки о Земле. - 2012. - №1. - С.59-61
5. Савиных В.П. Информационные пространственные отношения // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. - №1 (18). – С.79-88.
6. Щербатов И. А., Проталинский И. О., Проталинский О. М. Управление группой роботов: компонентный подход //Информатика и системы управления. – 2015. – №. 1. – С. 93-104.
7. Tsvetkov V. Ya., Lobanov A. A. Big Data as Information Barrier // European researcher, 2014, № 7-1 (78), p. 1237-1242.

8. Mo H., Farid G. Nonlinear and adaptive intelligent control techniques for quadrotor uav—a survey //Asian Journal of Control. – 2019. – Т. 21. – №. 2. – С. 989-1008.
9. Tsvetkov V. Ya. Intelligent control technology. // Russian Journal of Sociology. 2015. №2(2). P.97-104.
10. Guduru R., Sun J., Sharma S. An Artificial Intelligence model in Intellectual Systems. – 2020.
11. Tsvetkov V. Ya. Conclusions of Intellectual Systems // Modeling of Artificial Intelligence. – 2014. - № 3 (3). - pp.138-148.
12. Chen H. Applications of cyber-physical system: a literature review //Journal of Industrial Integration and Management. – 2017. – Т. 2. – №. 03. – С. 1750012.
13. Козлов А.В. Субсидиарность транспортных кибер-физических систем // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 2(14). – С.34-44.
14. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом // Мир транспорта. - 2018. Т. 16. № 2 (75). - С. 138-145.
15. Цветков В.Я. Управление с применением киберфизических систем // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - С.55-60.
16. Zhong W. et al. A multiagent genetic algorithm for global numerical optimization //IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics). – 2004. – Т. 34. – №. 2. – С. 1128-1141.
17. Xu Y., Liu W. Novel multiagent based load restoration algorithm for microgrids //IEEE Transactions on Smart Grid. – 2011. – Т. 2. – №. 1. – С. 152-161.
18. Козлов А.В. Субсидиарные вычисления // Славянский форум. -2020. – 1(27). -С.29 -37.
19. Щенников А.Н. Логические ситуации при конструировании алгоритмов // Славянский форум. -2018. – 3(21). - С.137-143.
20. Tsvetkov V. Ya. Multipurpose Management// European Journal of Economic Studies. 2012. № 2 (2). p.140-143.
21. Дзюба Ю.В. Многоцелевое управление подвижными объектами // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – 1(9). – С.53 -60.
22. Господинов С.Г. Регенерация данных систем искусственного интеллекта // Славянский форум. -2020. – 2(28). - С.24-33.
23. Матчин В.Т. Регенерация программных компонент вычислительных комплексов. - Saarbruken.: LAP Lambert Academic Publising, 2020. –125 с. ISBN 978-620-2-56406-9.
24. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European researcher. 2014. № 11-1(86). p. 1937-1943.
25. Koubâa A. (ed.). Robot Operating System (ROS). – Springer, 2019. – Т. 1. – С. 112-156.
26. US National Institute of Standards and Technology. <https://www.nist.gov/>
27. V. Ya. Tsvetkov, V. T. Matchin. Information Conversion into Information Resources// European Journal of Technology and Design. – 2014. - № 2(4), p.92-104.
28. Козлов А.В. Многоцелевое субсидиарное управление // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – 2(10). – С. 17-28.
29. Щенников А.Н. Применение виртуальных блоков в управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 1(9). – С.17 -26.
30. S. A. Kudzh, V. Ya. Tsvetkov. Triadic comparative analysis // Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. Special Issue, No.-10, June (2020), 745-754. <https://doi.org/10.26782/jmcms.spl.10/2020.06.00047>.

31. Коваленков Н.И. Ситуационное управление в сфере железнодорожного транспорта // Государственный советник. – 2015. - №2. – С.42-46.
32. Потапов А. С. Субсидиарность и комплементарность интеллектуальных систем // Славянский форум. -2020. – 1(27). - С.77-86.
33. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение радиорелейного информационного пространства // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 1(9). – С.46 -52.
34. Маркелов В.М. Пространственная информация как фактор управления // Государственный советник. – 2013. - №4. – С.34-38.
35. Kudzh S. F., Tsvetkov V.Ya. Spatial logic concepts // Revista inclusiones. Volumen 7. Número Especial / Julio – Septiembre. 2020 pp. 837-849.
36. Clements D. H., Battista M. T. Geometry and spatial reasoning //Handbook of research on mathematics teaching and learning. – 1992. – С.420-464.
37. Francis K., Khan S., Davis B. Enactivism, spatial reasoning and coding //Digital Experiences in Mathematics Education. – 2016. – Т. 2. – №. 1. – С. 1-20.
38. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. - 2013. - № 11. – С.2-7.
39. Sun Y. et al. Function zoning and spatial management of small watersheds based on ecosystem disservice bundles //Journal of Cleaner Production. – 2020. – Т. 255. – С. 120285.
40. Świąder M. The implementation of the concept of environmental carrying capacity into spatial management of cities //Management of Environmental Quality: An International Journal. – 2018.
41. Цветков В.Я., Оболяева Н.М. Использование коррелятивного подхода для управления персоналом учебного заведения // Дистанционное и виртуальное обучение. - №8 (50). - 2011. - С.4- 9.
42. Tsvetkov V.Y. Correlative analysis and opposition variables // European Journal of Natural History, 2014. №1, С.48-52.
43. Ganesh A. et al. Ordinal vs dichotomous analyses of modified Rankin Scale, 5-year outcome, and cost of stroke //Neurology. – 2018. – Т. 91. – №. 21. – С. e1951-e1960.
44. Цветков В.Я. Дихотомический анализ сложности системы // Перспективы науки и образования - 2014. - №2 (8). – С.15-20.
45. Broderick J. P., Adeoye O., Elm J. Evolution of the modified Rankin scale and its use in future stroke trials //Stroke. – 2017. – Т. 48. – №. 7. – С. 2007-2012.
46. Kuipers B. Modeling spatial knowledge //Cognitive science. – 1978. – Т. 2. – №. 2. – С. 129-153.
47. Münzer S., Lörch L., Frankenstein J. Wayfinding and acquisition of spatial knowledge with navigation assistance //Journal of Experimental Psychology: Applied. – 2020. – Т. 26. – №. 1. – С. 73.
48. Ahmadpoor N., Shahab S. Spatial knowledge acquisition in the process of navigation: A review //Current Urban Studies. – 2019. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-19.
49. Ahmadpoor N., Smith A. D. Spatial knowledge acquisition and mobile maps: The role of environmental legibility //Cities. – 2020. – Т. 101. – С. 102700.

УДК: 528.9; 004.94

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО ТРАНСПОРТА

Ознамец В. В. к.т.н., профессор, зав. кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), E-mail: voznam@bk.ru, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается комплексное геодезическое обеспечение, применяемое для управления цифровым транспортом. Показаны основные направления геодезического обеспечения: информационное, координационное, прикладное. Вводится понятие геодезического обеспечения подвижного состава для цифрового транспорта. Показано, что основой цифрового управления на транспорте являются информационные пространства. Для создания такого пространства и поддержания его работоспособности необходимо специальное геодезическое обеспечение, рассмотрено его содержание. Предлагается новая методика измерения геометрии пути на основе применения лазерных измерений. Описано содержание геодезического обеспечения для организации и поддержки радиорелейного информационного пространства.

Ключевые слова: транспорт, геодезическое обеспечение, пространственная информация, цифровой транспорт, систематика, транспортная инфраструктура.

GEODETIC SUPPORT OF DIGITAL TRANSPORT

Oznamets V. V. PhD, Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: voznam@bk.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article discusses the complex geodetic support used to control digital transport. The main directions of geodetic support are shown: information, coordination, applied. The concept of geodetic support of rolling stock for digital transport is introduced. It is shown that information spaces are the basis of digital control in transport. To create such a space and maintain its operability, special geodetic support is required, its content is considered. A new method for measuring track geometry based on the use of laser measurements is proposed. The content of geodetic support for the organization and support of radio relay information space is described.

Keywords: transport, geodetic support, spatial information, digital transport, taxonomy, transport infrastructure.

Введение.

Цифровой транспорт использует цифровое управление, которое является развитием информационного управления [1]. Цифровой транспорт при его проектировании, строительстве и эксплуатации, использует разные виды пространственно-временной информации, и это делает обязательным применение геодезического обеспечения как средства поддержки цифрового транспорта.

В транспортной сфере геодезическое обеспечение (ГО) представляет собой технико-технологический комплекс, интегрирующий разные технологии, такие как: спутниковое

позиционирование, применение беспилотных летательных аппаратов, применение мобильного лазерного сканирования, применение геодинамики. Изменение требований к эксплуатации ЖД обуславливает разработку новых методов и технологий геодезического обеспечения железных дорог. По главным целям разделяют: прикладное геодезическое обеспечение; информирующее геодезическое обеспечение; координирующее геодезическое обеспечение.

В современном ГО транспорта применяют геоинформационный мониторинг [2] и космический мониторинг [3]. Все виды мониторинга входят в комплексный мониторинг [4] как часть геодезического обеспечения. Геодезическое обеспечение с системных позиций можно рассматривать как сложную систему. Геодезическое обеспечение включает разнообразные функции, которые входят в его состав и являются частями общей системы.

Современное ГО как система поддержки сама включает различные виды функционального обеспечения, которые можно рассматривать как подсистемы геодезического обеспечения. Функциональные подсистемы ГО следующие: техническая, лингвистическая, методическая, технологическая, логическая, математическая, организационная, инновационная. В силу такого функционального состава некорректно приравнивать геодезическое обеспечение только к технологиям геодезических работ. Оно включает логическое моделирование, организационное обеспечение и методы математической обработки разнообразной информации. Такая структурная сложность ГО делает актуальным его исследование и анализ в области железнодорожного транспорта.

Основные направления применения ГО.

Геодезическое обеспечение является комплексом технологий, которые имеют разные цели применения [5]. Геодезическое обеспечение железнодорожного транспорта также весьма диверсифицировано и его применяют в разных направлениях развития транспорта: проектирование объектов инфраструктуры, обеспечение функционирования дороги, строительство пути, геодезическая поддержка ремонтных работ и выправки пути, геодезическое обеспечение полосы отвода, геодезическое обеспечение охранных зон. В каждом из перечисленных направлений ГО имеет свои особенности и представляется самостоятельным целостным комплексом, независимым от других направлений ГО. Можно сгруппировать технологии ГО по трем направлениям применения: инфраструктурное геодезическое обеспечение, геодезическое обеспечение подвижного состава, геодезическое обеспечение мониторинга пути, геодезическое обеспечение информационно управляющих пространств. На рис.1 приведена систематика инфраструктурного ГО.

Для всех видов движения и типов железных дорог необходим контроль состояния пути. Геодезический контроль необходим при выносе объекта инфраструктуры в натуру, при эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, при перепроектировке пути. Кроме того, особую важность занимает направление геодезического обеспечения геометрии железнодорожного пути. Геодезическое обеспечение этого направления можно интерпретировать как поддержку геометрических параметров или геодезическую геометрию.

Геодезическое обеспечение транспортной инфраструктуры включает поддержку строительных работ и поддержку реконструкции инженерных сооружений. В это же направление входит ГО полосы отвода железных дорог. В полосе отвода кроме железнодорожных путей находятся разные объекты: лесозащитные полосы; зоны снегозадержания; земельные участки, прилегающие к железнодорожным путям; земельные участки, занятые железнодорожными станциями, водоотводные устройства; мосты и тоннели;

объекты линий связи, объекты электроснабжения и другие объекты транспортной инфраструктуры. Перечисленные объекты инфраструктуры требуют контроля геометрии и контроля физического состояния. Этот контроль обеспечивается методами геодезического обеспечения.



Рисунок 1. Систематика инфраструктурного геодезического обеспечения.

Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры обеспечивает непрерывной наблюдение и контроль за состоянием этих объектов. ГО мониторинга железных дорог решает задачи пространственной координации и пространственного контроля за состоянием пути и инфраструктуры, включая случаи аварий, землетрясений и чрезвычайных ситуаций.

Геодезическое обеспечение размещения [6, 7] объектов транспортной инфраструктуры применяют при их первоначальной планировке и последующей перепланировке. Например, размещение билетных касс, пунктов скорой помощи для эффективного обслуживания населения решается в рамках этого направления. ГО служит основой решения этой задачи.

Геодезическое обеспечение высокоскоростной магистрали (ВСМ) решает задачи поддержки пространственных параметров ее эксплуатации и защиты от помех движению.

Геодезическое обеспечение мобильного лазерного сканирования (МЛС) железнодорожного пути [8] решает задачи при выносе проектов в натуру и задачи обследования существующего пути. Это ГО создает условия для проведения МЛС, такие как предварительно исследование траектории движения транспортного средства с помощью инерциальных устройств и геодезические изыскания района сканирования.

На рис. 2 показано направление геодезического обеспечения подвижного состава, связанного с областью цифрового транспорта.

В первую очередь это геодезическое обеспечение связано с поддержкой цифровой железной дороги (ЦЖД) [9-12]. Эта дорога является без светофорной, а заменой светофоров являются устройства, обеспечивающие коммуникацию и управление ЦЖД. Более развитым проектом является непрерывный поезд, который требует дополнительного координирующего ГО (КГО) и информирующего ГО (ИГО). Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) также требуют геодезической поддержки в виде КГО и ИГО.

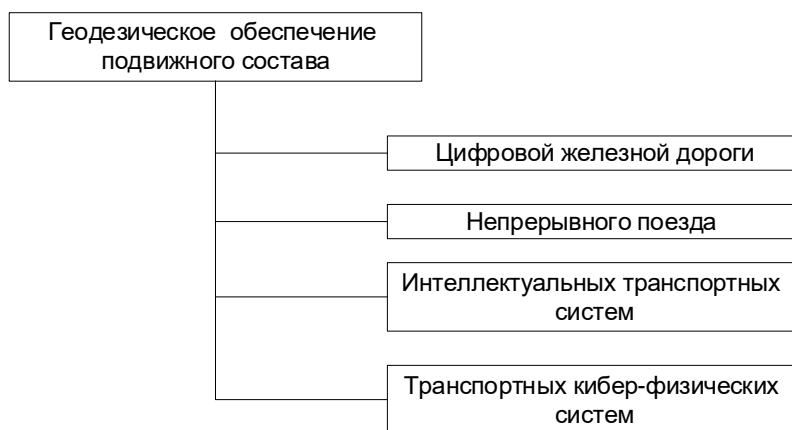


Рисунок 2. Геодезическое обеспечение подвижного состава

Более развитым проектом по отношению к ИТС являются транспортные кибер-физические системы (ТКФС) [13-15]. Они требуют более развитого КГО и ИГО. Информационное и цифровое управление железных дорог требуют создания и применения информационного пространства или киберпространства. На рис. 3 приведена схема геодезического обеспечения при создании различных пространств, использующихся при мониторинге и управлении транспортом.

Коммуникационное пространство существовало до ЦЖД и продолжает существовать для его развития и размещения объектов связи необходимо геодезическое обеспечение на стадии размещения, строительства и эксплуатации.

Системы спутниковой навигации используют как для управления, так и для контроля движения. Можно говорить о навигационном поле и создании навигационного пространства, основой которого являются базовые наземные станции. Установка базовых станций прямая задача ГО.



Рисунок 3. Геодезическое обеспечение информационно управляющих пространств

Радиорелейное информационное пространство служит основой ЦЖД. Оно включает установку мачт и их координирование, а также геодезический мониторинг за контролем их геометрических характеристик. В настоящее время развивается направление беспилотного

движения. Для индикационного контроля подвижных объектов, а также для контроля технического состояния объектов инфраструктуры применяют электронные метки, которые можно использовать как независимые объекты контроля или как объекты единой сети. В случае сети обязательны методы геодезического обеспечения. Для эксплуатации ИТС и ТКФС, а также для цифровых предприятий необходимо создание цифрового киберпространства [16].

Следует вывод, что задачей мирового развития ЖД является переход на цифровые методы контроля, проектирования и эксплуатации железных дорог. Как показывают схемы на рис. 1- 3 такая задача делает обязательным применение методов ГО и цифрового моделирования, которое является составной частью геодезического обеспечения. Основой перехода на цифровые методы в РЖД являются автоматизированные технологии геодезических работ и методов геоинформатики. Эти технологии входят в геодезическое обеспечение.

ЖД являются сложным технико-технологическим комплексом, который рассматривают как сложные технические системы, как геотехнические системы [17], как сложные организационно-технические системы [12]. Это задает комплексность ГО, которое должно включать не только измерительные технологии, но и функциональные компоненты (рис.4).



Рисунок 4. Функциональные компоненты ГО

На железную дорогу действуют природно-климатические факторы, влияющие на ее состояние и функционирование. Для учета этого влияния необходим контроль технического состояния железных дорог с помощью геодезического обеспечения. В рамках геодезического обеспечения основой постоянного контроля безопасности движения является геомониторинг железной дороги [18]. Все виды геомониторинга предусматривают геодезические измерения параметров рельсовой колеи и геодезические измерения размеров сооружений.

Геодезические измерения геометрических параметров.

Рост скоростных режимов движения транспорта [19] и рост объемов перевозок приводят к ускоренному износу рельсовой колеи. Это требует развития геодезического обеспечения оценки геометрии пути. Геодезическое обеспечение определения геометрических параметров пути использует различные специальные измерительные системы и методы, которые входят в геодезическое обеспечение. К числу таких специальных измерительных систем относят:

путеизмерительные станции, путевые машины [20], диагностические лаборатории, системы управления выправкой пути [21]. Путевые машины обеспечивают «шаг» измерений пути 0,2-0,5 м. Эти системы определяют стрелы изгиба и другие геометрические параметры с использованием датчиков на измерительной базе, определяемой длиной измерительного вагона (17-22 м). По сути эти специальные системы выполняют функции геодезических измерений, но с помощью специальных устройств, характерных только для РЖД.

Геодезическое обеспечение в части обработки информации дополняет эти специальные методы. Кроме того, оно применяет методы геоинформатики и автоматизированные методы геодезических измерений. Интеграция ГО и геоинформатики позволяет определять геоданные [22] и геометрические параметры пути в единой координатной системе. Применение геоданных как системного информационного ресурса дает возможность трехмерного моделирования и применения автоматизированной технологии управления выправкой пути [23].

В рамках геодезического обеспечения РЖД необходимо выполнять измерения в стандартах ОАО «РЖД». Автоматизация измерений приводит к необходимости применять цифровые методы. Цифровые пространственные модели и цифровое моделирование ускоряют контроль геометрических параметров железнодорожного пути.

Геометрия железнодорожных путей представляет собой пространственное знание, которое получают на основе геодезических измерений и информационного моделирования. Формально геометрия железнодорожных путей может моделироваться в декартовой системе координат. Однако в течении многих лет было принято измерять длины дуг, хорды и радиусы кривизны участка пути. Эти параметры прописаны в нормативных документах. Железнодорожный путь обычно является горизонтальной пространственной линейной моделью или имеет ограниченный наклон. Это дает основание применять плановую систему координат для моделирования и для измерений. Измеряемую кривую обычно делят на одинаковые интервалы.

Один из вариантов построения модели пути основан на применении теории разностных схем. Такое измерение и моделирование не учитывает случайные ошибки измерений. Кроме того, этот вариант приводит накоплению остаточной ошибки при увеличении числа участков измерения. Поэтому основным способом съёмки железнодорожных кривых, является способ измерения стрел изгиба и перекрывающихся хорд длиной 10 и 20 м. Геодезическое обследование железнодорожного пути и геометрическое моделирование выполняют с целью определения соответствия/несоответствия фактического плана пути проектному. Это требует применения методов оппозиционного анализа.

Выявление соответствия/несоответствия служит основой определения величин необходимых рихтовок для исправления пути. В местах поворота трассы на закруглениях пути задач ГО включает четыре этапа: съёмку конфигурации пути, сравнение с проектным значением, оценку несоответствия параметров пути, расчет рихтовок пути.

В качестве нового метода предлагается тринитарная модель анализа геометрии пути. Триада является универсальным инструментом анализа [24] и сравнительного исследования [25]. Геометрически это наиболее устойчивая фигура. Применение тринитарной модели позволяет решать задачи оценки геометрии в рамках геодезического обеспечения. Тринитарная модель измерения кривых может быть использована не только на железнодорожных путях, но и при измерении и моделировании любых инженерных конструкций, включая морские суда и самолеты. Геометрическое построение схемы измерений для моделирования показано на рисунке 5.

Триаду измерений задают три точки пути (А, В, С). На рис.5 L_1, L_2, L_3 - перекрывающиеся хорды. Возможны две геодезические технологии измерения пути и его моделирования.

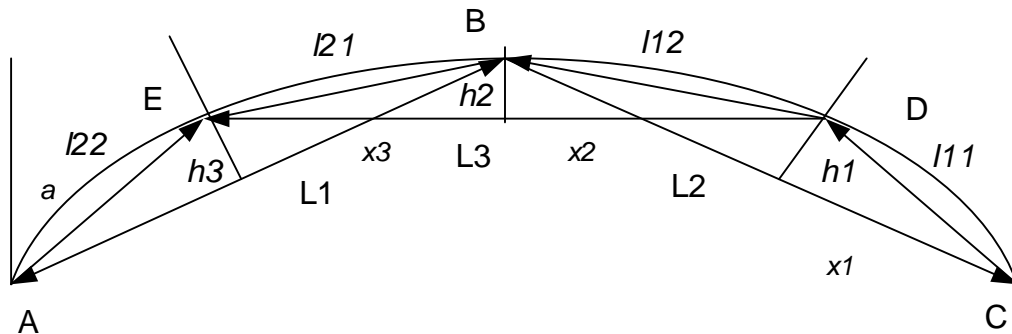


Рисунок 5. Тринитарная модель измерения пути

Одна технология включает измерение только длин отрезков, другая технология, в соответствии с традиционными геодезическими измерениями, включает измерение длин, углов и координат. Основным измерительным прибором в первой технологии является либо лазерный дальномер, либо электронный тахеометр. Точность угловых измерений современного тахеометра достигает 0,5- 2 угловых секунды. Точность измерения расстояния - до 0.5 мм + 1 мм на км. Рассмотрим вариант измерения только длин. Это вариант простой и оперативный. Последовательность работ показана на рисунке 5 стрелками и цифрами.

Установка аппаратуры на точку А и определение ее координат в местной системе координат. Маркировка точки В. Измерение длины отрезка $AB=L_1$. Маркировка точки Е при условии $AE \approx L_1/2$. Измерение длины отрезка $BC=L_2$. Маркировка точки D при условии $CD \approx L_2/2$. Измерение длины отрезка $CD=l_{11}$. Измерение длины отрезка $DB=l_{12}$. Измерение длины отрезка $DE=L_3$. Измерение длины отрезка $BE=l_{21}$. Измерение длины отрезка $BA=L_1^*$. Формально L_1 и L_1^* должны быть равны. Измерение $EA=l_{22}$. Стрелки показывают последовательность измерений.

На следующем этапе начинаются вычисления расстояний $h1, h2, h3$ между хордами и дугами. Для этой цели вводятся вспомогательные величины $x1, x2, x3$. Опуская подробные геометрические выкладки, приведем рабочие формулы для вычисления $x1, x2, x3$

$$x1 = \frac{1}{2} \sqrt{l_{11}^2 - l_{12}^2 + L_2^2}$$

$$x2 = \frac{1}{2} \sqrt{l_{12}^2 - l_{21}^2 + L_3^2}$$

$$x3 = \frac{1}{2} \sqrt{l_{21}^2 - l_{22}^2 + L_1^2}$$

Расстояния $h1, h2, h3$ между хордами и дугами определяются по простым формулам.

$$h1 = \sqrt{l_{11}^2 - x_1^2}$$

$$h2 = \sqrt{l_{12}^2 - x_2^2}$$

$$h3 = \sqrt{l_{21}^2 - x_3^2}$$

Величины $h1, h2, h3$ и L_1, L_2, L_3 – позволяют также оперативно находить радиусы кривизны

участков пути или иной конфигурации и вписываться в нормативные методы оценки пути по его кривизне. Эти алгоритмы достаточно быстрые и реализуемые на любом портативном компьютере. Это дает возможность вычислений на местности и проверки соответствия проектных значений реальным. Схема измерений является замкнутой, в силу этого погрешности могут быть уравнены и остаточная погрешность составляет 1-2 мм.

Локальные и глобальные измерения.

Традиционно на железной дороге применяли относительные измерения и не использовали глобальные координаты. В системе геодезического обеспечения существует два подхода к измерениям. Первый подход называют локальным, второй - глобальным. Локальный метод измерений осуществляет измерения на небольших участках без привязки к координатным системам. В этом методе используют локальные измерения и местные координаты. Его преимущество в оперативности работ и получении результатов. Его недостаток в условности, так как результаты измерения не привязаны к единой системе и не могут быть введены в инфраструктуру пространственных данных [26]. Глобальный метод опирается на единую координатную систему, в силу чего использует не локальные координаты, а координаты, связанные с глобальной системой координат. Его преимущество в возможности глубокого анализа, в возможности сопоставления с другими ситуациями и измерениями, в возможности хранения в едином хранилище данных [26].

Особенность геодезического обеспечения транспорта связана с необходимостью частого измерения линейных объектов. Термин «линейные объекты» является классом пространственных объектов в геоинформатике и основным объектом исследования в трубопроводном транспорте. Типичным линейным объектом на железных дорогах является железнодорожный путь. Именно он подвергается максимальному воздействию, что требует мониторинга верхнего строения пути.

Задачи ГО транспорта разнообразны [27]. Разнообразие задач обуславливает разнообразные требования к точности и диапазону измерений. Основными методами измерений пути для локальных задач являются относительные методы (Гоникберга, хорд и т. др.). Современное ГО на транспорте использует мобильные лазерные сканеры [28]. В геодезическом обеспечении транспорта широко применяют относительные методы измерений. В частности, их применяют для геомониторинга состояния рельсовой колеи и мониторинга верхнего строения пути.

В соответствии с современными нормативными документами "РЖД" положение оси пути в настоящее время регламентируется габаритами приближения строений и пространственным положением оси пути. Эти задачи решают вагоны-путеизмерители, оснащенные лазерными системами [29]. Для обеспечения безопасности движения регулярно измеряются габариты приближения строений.

ГО постановки второго пути в проектное положение при строительстве основано на измерении расстояния от соседнего пути. Расстояние сравнивают с проектным расстоянием и сдвигают путь на необходимую разность. Такой метод минимизирует временные и материальные затраты постановки пути в проектное положение. Недостаток метода - не учет изменения пространственного положения пути с течением времени. Путь может смещаться в плане и профиле. Второй недостаток состоит в дорогостоящем и трудоемком способе разбивочных геодезических работ, основанных на ручных технологиях. Относительные методы не обеспечивают устранение длинных неровностей в плане и профиле, а также на много радиусных кривых. Поэтому плавность хода в этих случаях обеспечивается для

ограниченного диапазона скоростей. Развитие высокоскоростного движения [30] требует новых методов геодезического обеспечения. Принципиальным является переход к глобальным координатным методам типа спутниковых технологий.

Геодезическое обеспечение необходимо как для пути, так и для объектов инфраструктуры. Это обуславливает использование комплексного геодезического обеспечения для системы "путь - инфраструктура". Комплексное геодезическое обеспечение выполняется на всех этапах как строительства, так и ремонта [31]. Это обеспечение включает подготовительные работы по созданию опорной сети, составление разбивочных чертежей, разбивочные работы, операционный контроль. На заключительном этапе выполняются исполнительные съемки и геомониторинг.

При модернизации ЖД ГО осложняется тем, что работы часто необходимо проводить в 6-часовое «окно». Это определяет дополнительные временные требования к технологиям геодезического обеспечения ремонтных работ. При ремонте и модернизации дороги ГО содержит примерный состав работ: средний ремонт, планово-предупредительные выправки (ППВ) и другие. Планово-предупредительные выправки включают контроль геометрических параметров пути и геометрических параметров габаритов приближения строений. Проверка станционных железнодорожных путей выполняется один раз в 10 лет, а для горочных путей - 1 раз в 3 года. Эти работы составляют 80% всего объема геодезической поддержки при эксплуатационной работе транспорта.

Технологи определения геометрических параметров используют информационно-измерительные системы [32] (ИИС). ИИС используют угловые и линейные датчики. ИИС удовлетворительно оценивают геометрию рельсовой колеи при скоростях до 140 км/ч. При увеличении скорости значимыми становятся неровности, которые влияют на плавность хода и работу датчиков.

Для обычных скоростей необходимо определение неровностей в плане и профиле на большей хорде до 100-200 м. Это условие многие ИИС не обеспечивают из-за функциональных ограничений. Соответственно, в этом случае необходимо применять новые телеметрические средства измерения и спутниковые методы измерений. Кроме того, перспективным является применение инерциальных средств измерения, технологий лазерного сканирования, съемки с БПЛА [33]. Методически это заключается в переходе от локальных методов измерения к глобальным методам.

Средства измерений геометрических параметров пути включают традиционные геодезические методы и технологии, а также специальные путеизмерительные тележки разных фирм [34]: TachyRail фирмы «GEO-METRIKAG» (Германия); Swisstrolleys фирмы «Terra Vermessungenag» (Швейцария); GRP SystemFX фирмы «Amberg Technologies» (Швейцария); РПИ (Россия, г. Самара, НПЦ ИН «Инфотранс»).

Можно отметить тенденцию геодезического обеспечения контроля геометрии пути за счет применения технических систем, представляющих собой автоматизированные путеизмерительные комплексы (АПК) или автоматизированные путеизмерительные тележки (АПТ) [35]. Как правило, их комплектация включает: высокоточный электронный тахеометр или спутниковый приемник. АПК конструктивно представляют собой тележку, перемещаемую вручную по железнодорожному пути. На тележке установлено не измерительное оборудование, а информационно-измерительное [32] оборудование, которое позволяет собирать первичную информацию о фактическом положении железнодорожного пути. Эта первичная информация

представляет собой локальную геометрию и уже может дать информацию о примерной конфигурации пути. Первичная информация подвергается дальнейшей обработке. Эта обработка дает возможность прогнозировать и сопоставлять, выявлять тенденции. Основой такой обработки является геоинформационное моделирование. Результатом такой обработки являются цифровые модели [36].

Геодезическое обеспечение цифровой железной дороги

Цифровая железная дорога (ЦЖД) является одним из направлений развития цифровой экономики. Цифровая железная дорога возникла как ответ на возрастающие проблемы в перевозках. Выделяют цифровые транспортные технологии: цифровая ЖД [9-12], цифровая логистика, цифровая коммуникация. ЦЖД может быть рассмотрена как сложная организационно-техническая система, включающая другие сложные системы. Особенностью ЦЖД является функционирование в реальном времени и пространстве. Поэтому информационной основой ЦЖД является пространственно-временная информация и геоданные. Для обеспечения пространственной информацией требуется геодезическое обеспечение. Геодезическое обеспечение в узком смысле направлено на получение и предоставление пользователю пространственных данных. Геодезическое обеспечение в широком смысле направлено на получение научных результатов, разработку новых технологий измерений, решение прикладных задач и развитие цифровых методов.

Цифровая коммуникация в ЦЖД также является обязательным компонентом. Она создает возможность позиционирования в радиодиапазоне в дополнении к видео наблюдению в обычном транспорте. Дополнительно к управлению цифровая коммуникация обеспечивает решает задачи информационной безопасности. В частности, она контролирует неумышленные ошибки человека и ведет наблюдение за внешними угрозами. Для эффективной политики информационной безопасности используют транспортные кибер-физические системы как системы выявления и отражения внешних и внутренних угроз. На рис. 6 приведена систематика ГО ЦЖД.



Рисунок 6. Систематика геодезического обеспечения ЦЖД

На рис. 6 обозначение ИП обозначает информационное пространство. Первые три вида ГО на рис. 6 применимы к обычной железной дороге. Вторые три вида применимы только к ЦЖД и являются отличием геодезического обеспечения для этого типа ЖД.

Геодезическое обеспечение радиорелейного информационного пространства.

Принципиальным отличием ГО ЦЖД от обычной ЖД является создание сети радиорелейных мачт как информационного пространства поддержки. ГО этого пространства включает позиционирование объектов пространства, то есть радиорелейных мачт (РРМ). Радиорелейное информационное пространство (РРИП) является интеграцией информационного поля [37, 38] и информационного пространства [39]. По названию РРИП является пространством, но по сути оно является информационным полем, в каждой точке которого существует полевая переменная. С технической и организационной точки зрения РРИП можно рассматривать как сложную организационно-техническую систему [40].

В настоящее время в практике управления сложными системами используют разные виды информационных пространств: коммуникационное [41], информационное, навигационное [42], управляющее [39], сетевое [43], виртуальное [44], координационное [45, 46]. Одной из разновидностей коммуникационного пространства является радиорелейное коммуникационное пространство. Оно выполняет функции связи. В дополнение к радиорелейному коммуникационному пространству в последние десятилетия применяют радиорелейное информационное пространство. В отличие от радиорелейного коммуникационного пространства, радиорелейное информационное управляющее пространство выполняет функции: координации, измерения и управления. Его применяют для управления железнодорожным и автомобильным транспортом, а также используют для создания зон контроля вблизи особо охраняемых объектов (аэропорты, АЭС и пр.).

Как инструмент измерения РРИП выполняет координационные функции [10]. При измерении подвижных объектов РРИП выполняет функции информационно-измерительного поля и подобно навигационному полю. В контексте управления подвижными объектами РРИП осуществляет обратную связь и поддержку управления подвижными объектами. Как информационная модель РРИП представляет собой информационную конструкцию [47], которая задает некое пространство. Управление в таком пространстве осуществляется на основе применения информационной ситуации [48], оценке позиции [49] подвижного объекта и использованию методов интеллектуального управления [50]. Как сложная техническая система РРИП включает технику, технологии измерения, технологии поддержки. Для функционирования РРИП требуется постоянный мониторинг и предпочтительно геоинформационный мониторинг. По результатам мониторинга могут производиться геодезические работы по привязке радиорелейных мачт. В настоящее время РРИП является основой управления ЦЖД. Как и ЦЖД РРИП нуждается в геодезической поддержке. Как и ЖД РРИП нуждается в постоянном контроле.

Основой поддержки и контроля РРИП является геомониторинг. Он включает наземный и космический мониторинг. Такой мониторинг выполняется в рамках геодезического обеспечения и является частью общего геодезического обеспечения РРИП и ЦЖД.

РРИП может быть пассивным или активным по отношению к объектам пространства. Активность пространства возникает при установке на подвижном объекте приемно-передающего и вычислительного устройств. В этом случае сигналы РРМ станции служат основой вычисления положения объекта с помощью бортового вычислительного устройства и последующего принятия локальных решений на подвижном объекте. В активном пространстве сигналы передающего устройства подвижного объекта служат основой вычисления глобального положения объекта в центре управления движением. Эта информация

используется для контроля и управления. В этом случае управление является централизованно-субсидиарным. В активном информационном пространстве сигналы передающих устройств множества подвижных объектов служат основой вычисления взаимного положения объектов в системе ЦЖД.

Пассивная функция пространства возникает тогда, когда подвижный объект только выдает сигналы, по которым в центре управления определяют его местоположение и направление движения. Пассивная функция пространства возникает тогда, когда подвижный объект только принимает сигналы из центра управления, но не обрабатывает их для принятия решений.

Для координации и координирования в РРИП создают опорные геодезические сети, которые выполняют роль координатного обеспечения пространства. создаются в целях создания информационно измерительного пространства. Сети жестко привязывают координаты РРМ, которые благодаря этому становятся средством измерения. Положения геодезических пунктов первоначально определяют при развитии сети, а последующую коррекцию проводят спутниковыми методами. Для обеспечения точности и применения спутниковых методов устанавливают базовые станции. Таким образом РРИП включает не только геодезические сети, но и базовые станции для подключения спутниковых технологий определения РРМ. Кроме того базовые станции создают возможность дублирования РРИП спутниковым навигационным пространством. Точности определения планового положения пунктов опорной геодезической сети для РРИП составляет 20 мм. Высоты пунктов геодезической сети для РРИП должны соответствовать II классу.

Геодезическое обеспечение служит основой функционирования РРИП. В аспекте пространственного анализа при организации информационного пространства происходит качественное преобразование. Ареальные объекты геодезическая сеть и сеть базовых станций дают возможность координации отдельно стоящих РРМ как точечных объектов. Это означает координацию точечных объектов в пространстве геодезической сети. Множественная координация точечных объектов создает новый ареальный объект РРИП. Коммуникация между подвижным объектом и РРИП привязывает положение подвижного объекта к РРИП и фактически к геодезической сети.

Геодезический и геоинформационный мониторинг служат основой поддержки РРИП в рабочем состоянии. Рабочее состояние РРИП служит основой цифрового управления. Следовательно, ГО РРИП является основой поддержки управления цифровым транспортом. Сочетание РРИП с ГНСС повышает управляемость и ресурс управления, а также надежность цифрового управления.

Заключение.

Направление цифрового транспорта относится к комплексным инновациям [51, 52]. Система геодезического обеспечения цифрового транспорта может быть рассмотрена как система контроля состояния и как подсистема поддержки системы управления. Разнообразие видов геодезического обеспечения цифрового транспорта требует интеграции и выбора интегрированной основы данных. Интегрированной основой геодезического обеспечения цифрового транспорта являются геоданные. Интеграция управления и моделирования основана на широком применении цифровых моделей и цифрового моделирования. Причем это цифровое моделирование относится ко всем компонентам, включая цифровую радиорелейную связь

Список литературы

1. Ожерельева Т.А. Информационное управление подвижными объектами // Государственный советник. – 2018. - №4(24). – С.29-37.
2. Охотников А.Л. Геоинформационный мониторинг транспортных объектов // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 3(3). – С.35-47.
3. Бондур В.Г., Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космический мониторинг транспортных объектов. Учебное пособие. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с.
4. Лёвин Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – С.14-21.
5. Ознамец В. В. Содержание геодезического обеспечения // Геодезия и картография, - 2020. – Т.81 №1. – С.2-6.
6. Ознамец В. В. Ситуационное решение задачи пространственного размещения // Геодезия и картография, - 2018. - №9. – С.45-51.
7. Ознамец В.В. Размещение пространственных объектов с использованием теории массового обслуживания // ИТНОУ. 2018. № 3. С.95-100.
8. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение мобильного лазерного сканирования железных дорог // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – 2(10). – С.64-76.
9. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. - 2018. - Т. 16. - №3 (76). - С.50-61.
10. Шайтура С. В. Проблемы координатного обеспечения цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.62-68.
11. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. Digital management railway // *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
12. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2. – 1(5). – С.69-79.
13. Цветков В.Я. Управление с применением кибер-физических систем // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - С.55-60.
14. Козлов А.В. Субсидиарность транспортных кибер-физических систем // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 2(14). – С.34-44.
15. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом // Мир транспорта. - 2018. Т. 16. № 2 (75). - С.138-145.
16. Tsvetkov V.Ya., Shaytura S.V., Sultaeva N. L. Digital Enterprise Management in Cyberspace. 2nd International Scientific and Practical Conference “Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth” (MTDE 2020). *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 138, 361-365.
17. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система//Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - С.52.
18. Маркелов В.М., Цветков В. Я. Геомониторинг// Славянский форум, 2015. - 2(8) - С.177-184.
19. Журавлева Н. А. Влияние скоростного режима перевозок на величину железнодорожного тарифа //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2014. – №. 4. – С.23-27.
20. Попович М. В., Волковойнов Б. Г., Атаманюк А. В. Обеспечение стабильности железнодорожного пути путевыми машинами после глубокой очистки балластного слоя

//Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2008. – №. 6 (19). –С.20-24.

21. Верескун В. Д., Воробьев В. С., Щербаков В. В. Оценка надежности системы управления выправкой пути на базе глобальных навигационных спутниковых систем //Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2009. – №. 4. – С. 53-56.

22. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - С.50-51.

23. В. В. Щербаков, И. А. Бунцев, И. В. Щербаков, и др. Разработка систем автоматизированного управления выправкой пути на базе ГНСС. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015 : XI Междунар. науч. конгр. ;Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т., Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. – Новосибирск :СГУГиТ, 2015. – Т. 2. – С.113–118.

24. Цветков В.Я. Триада как интерпретирующая система. // Перспективы науки и образования. - 2015. - №6 (18) - С.18-23.

25. S. A. Kudzh, V. Ya. Tsvetkov. Triadic comparative analysis // Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. Special Issue, No.-10, June (2020), 745-754. <https://doi.org/10.26782/jmcms.spl.10/2020.06.00047>

26. Цветков В.Я. Пространственные данные и инфраструктура пространственных данных // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 5 – С. 136-138.

27. Дышленко С.Г. Пространственные задачи определения координат объектов железнодорожного транспорта // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -2(2). – С.31-38.

28. Назаров Д. Г. Опыт применения мобильно-навигационно-сканерных систем на объектах железнодорожного транспорта //Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С.23-25.

29. Ханиг, В. Путьеизмерительный вагон EM250г // Железные дороги мира. – 2005. – № 8. – Режим доступа :<http://www.css-rzd.ru/zdm/arc.htm>. Дата просмотра 18.02.2020.

30. Малеев Е. Г. Вопросы организации высокоскоростного движения на железных дорогах //Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 108.

31. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : ЦРБ-756 / МПС РФ. – М.: Транспорт, 2002. – 189 с.

32. Цветков В.Я. Информационно измерительные системы и технологии в геоинформатике. - М.: МАКС Пресс, 2016. – 94 с.

33. Ознамец В. В. Геомониторинг на транспорте с использованием БПЛА// Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – С.43-53.

34. Жидов В. М. Обоснование комплексирования спутниковых и инерциальных измерений для съемки железнодорожных путей/ Геодезия и картография. – 2010. – № 11. – С. 10–12.

35. Самратов У. Д., Сакович Л. А., Кривдин Д. Г. О точности определения геометрических параметров железнодорожного пути с помощью АПК // Геопрофи. – 2007. – №. 6. – С. 28-32.

36. Куприянов А.О. Цифровое моделирование при проектировании и мониторинге трасс // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – С.70-81.

37.Кудж С.А. Информационное поле: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 97 с. ISBN 978-5-317-05530-1.

38. Цветков В. Я. Естественное и искусственное информационное поле// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2014. - №5-.2. – С.178 -180.

39. Ожерельева Т.А. Информационное пространство как инструмент поддержки принятия решений // Славянский форум, 2016. -4(14). – С.169-175.
40. Буравцев А.В. Функционирование сложной организационно-технической системы в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -3(3). – С.48-58.
41. Healey P. G. T. et al. Communication spaces //Computer Supported Cooperative Work (CSCW). – 2008. – V. 17. – №. 2-3. – С. 169-193.
- 42, Persson P. et al. GeoNotes: a location-based information system for public spaces //Designing information spaces: the social navigation approach. – Springer, London, 2003. – p. 151-173.
43. Lu W. et al. Node similarity in networked information spaces //Proceedings of the 2001 conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research. – IBM Press, 2001. – С. 11.
44. Göbel F. et al. Gaze-supported foot interaction in zoomable information spaces //CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. – ACM, 2013. – p. 3059-3062.
45. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2. – 3(7). – С.64-70.
46. Ducasse S., Hofmann T., Nierstrasz O. OpenSpaces: an object-oriented framework for reconfigurable coordination spaces //International Conference on Coordination Languages and Models. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2000. – С. 1-18.
47. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design. - 2014. № 3(5). - p.147-152.
48. Цветков В.Я. Модель информационной ситуации // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - С.13-19.
49. Потапов А. С. Информационная ситуация и информационная позиция в информационном поле // Славянский форум. - 2017. - 1(15). – С.283-289.
50. Tsvetkov V. Ya. Conclusions of Intellectual Systems // Modeling of Artificial Intelligence. – 2014. - № 3 (3). – pp.138-148.
51. V. Ya. Tsvetkov. Conceptual Model of the Innovative Projects Efficiency Estimation // European Journal of Economic Studies, 2012, №1 (1). – pp.45-50.
52. Розенберг И.Н., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Комплексные инновации в управлении сложными организационно-техническими системами. /под ред. В.И. Якунина - М.: Феория, 2010 - 248с.

УДК: 656, 004.89, 656.052

БЕСПИЛОТНОЕ СУБСИДИАРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Андреева О.А. Аспирант, МИИГАиК, E-mail: andreeva_olga@inbox.ru, Москва, Россия

Аннотация. В статье исследуется беспилотное субсидиарное управление. Беспилотное субсидиарное управление использует три разные модели информационных ситуаций. Субсидиарное управление основано на управлении с резервированием. Это приводит к повышению надежности и снижению рисков управления. Технической основой беспилотного управления является использование большого числа датчиков. Технологической основой беспилотного управления является программное обеспечение. Это программное обеспечение имеет существенные отличия в относительной независимости алгоритмов и требовании повышенной защищенности от внешних воздействий. Беспилотное управление близко к концепции цифровой железной дороги и концепциям кибер-физических транспортных систем. Статья дает анализ современного состояния и развития беспилотного управления для наземного транспорта.

Ключевые слова: управление, субсидиарное управление, транспорт, беспилотное управление, информационная ситуация, ситуационное управление.

UNMANNED SUBSIDIARY CONTROL

Andreeva O.A. Graduate student, MIIGAIK, E-mail: andreeva_olga@inbox.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article explores unmanned subsidiary control. Unmanned control is a modern innovative technology and includes a number of assistive technologies. Unmanned subsidiary management uses three different models of information situations. Subsidiary control is based on redundant control. This leads to increased reliability and reduced management risks. The technical basis for unmanned control is the use of a large number of sensors. The technological basis for unmanned control is software. This software has significant differences in the relative independence of algorithms and the requirement for increased security from external influences. Self-driving is close to the concept of a digital railroad and the concepts of cyber-physical transportation systems. The article provides an analysis of the current state and development of unmanned vehicles for ground transport.

Keywords: management, subsidiary management, transport, unmanned control, information situation, situational management.

Введение.

Беспилотное управление интенсивно развивается в сфере воздушного транспорта [1, 2]. При этом следует отметить применение БПЛА как инструмента поддержки наземного транспорта [3]. Развивается беспилотное управление и в автотранспорте [4]. Естественно, что направление беспилотного движения развивается и на железнодорожном транспорте [5-7], включая городские железные дороги [8]. Можно отметить общую тенденцию беспилотного управления, которая выражается в применении системного [9] и субсидиарного управления [10-14] как

основы для поддержки беспилотного управления. Субсидиарное управление является особым типом управления, которое основано не на жестких алгоритмах управления, а на управлении по ситуации с помощью гибкой системы алгоритмов. Если рассматривать субсидиарное управление в аспекте развития разных школ управления [15], то оно относится к управлению при непредвиденных обстоятельствах.

Субсидиарное управление транспортом представляет собой управление, исходящее из двух центров главного и периферийного. Главный центр задает стратегию, а периферийный центр реализует эту стратегию исходя из реальной ситуации. Важным фактором при субсидиарном управлении является ситуация, что определяет данный тип управления как технологическое или информационное ситуационное управление. Ситуационное управление в области искусственного интеллекта строится на работах Д. Поспелова и Ю. С. Осипова. Оно по существу является семиотическим [16], поскольку его основой является применение семиотических моделей.

В реальных технологиях управления этот подход не нашел применение и там используют простые технологические модели или информационные модели. Поэтому ситуационное управление [17, 18] в области практического менеджмента использует более простые информационные модели. Применительно к ситуационному управлению такой моделью является модель информационной ситуации [19, 20]. Модель информационной ситуации можно рассматривать как модель окружения объекта управления, которая влияет на его состояние. Для транспортных средств модель информационной ситуации влияет на состояние и движение подвижного объекта. Можно ввести термин «беспилотное движение транспортного средства» (БДТС).

Виды ситуационных моделей для транспортных средств.

Можно выделить разные подходы и ситуации при беспилотном управлении. Весьма актуальны для БДТС методы анализа препятствий на железнодорожных переездах [7, 21]. Используют методы анализа риска в транспортных ситуациях [7]. При наличии сложной информации о транспортной ситуации применяют искусственные нейронные сети для анализа ситуации [22]. Для БДТС все равно необходимо вмешательство человека. Это приводит к разработке технологий интеграции человека в среду БДТС [23]. Используют технологии, основанные на управлении инцидентами [1]. Для повышенного контроля переездов БДТС используют методы распределенного видеонаблюдения [24]. Таким образом, информационные ситуации существенно влияют на состояние БДТС.

В зависимости от выбора аспекта рассмотрения можно дать разные систематики моделей информационных ситуаций (ИС) для транспортных средств (ТС). По пространственному аспекту разделяют три типа моделей: локальные, визуальные и слепые информационные ситуации, связанные с подвижным объектом. Они показаны на рис.1. Эти модели комплементарны [25] и каждая решает свои задачи. Можно говорить о комплементарности трех ситуационных моделей при управлении транспортом.

Локальная информационная ситуация характеризует неподвижный объект и его ближайшее окружение, в котором он находится. На неподвижный объект две его другие ситуации (рис.1) не влияют. При невысоких скоростях движения (до 60км/час) важную роль для ТС играет видимая ИС (рис.2). Она позволяет контролировать зону движения из кабины машиниста (водителя) и принимать необходимые решения.

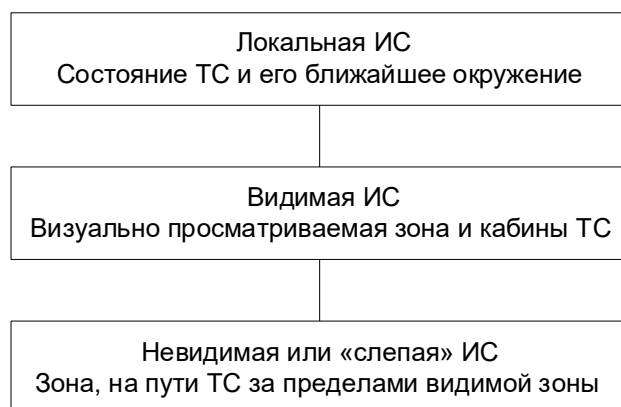


Рисунок 1. Основные пространственные виды информационных ситуаций для ТС

Информационную ситуацию в процессе движения можно рассматривать как область ключевых параметров, которые используют при принятии решений. Отсюда вытекает определение, что информационная ситуация может быть определена как параметрическая модель параметров, влияющая на принятие решений, безотносительно к семиотическим моделям, которые используют в теории искусственного интеллекта. Третий вид ситуации определяют как невидимая или «слепая» ситуация. Она простирается за пределы видимой ситуации (рис.2).



Рисунок 2. Видимая информационная ситуация.

Невидимая или «слепая» информационная ситуация требует учет и использования при высокоскоростном движении и при движении на участках с ограниченной видимостью. Ограниченная видимость может быть обусловлена извилистой трассой или погодными условиями (туман, плотный снег). Для определения «слепой» информационной ситуации применяют информационно-измерительные средства, которые позволяют отслеживать пространственную ситуацию и возможные препятствия движению в этой зоне.

Для видимой и невидимой ИС важной задачей управления транспортом является

распознавании объектов, препятствующих движению. Появление этих объектов-препятствий является стохастическим, что приводит к понятию стохастическая информационная ситуация.

Альтернативой стохастической ситуации является предсказуемая, часто планируемая, детерминированная ситуация. Это дает еще два типа связанных информационных ситуаций по фактору случайности. Запланированная информационная ситуация является детерминированной, незапланированная является стохастической.

По аспекту принятия решений различают стереотипные и нестереотипные ситуации. Стереотипные ситуации – это известные из опыта ситуации движения транспорта [26]. Они удобны тем, что для них существуют правила действия в такой ситуации. Каждой стереотипной ситуации соответствует известное стереотипное решение. Например, красный свет запрещает движение, зеленый - разрешает. Это относится к сигнально блоковому управлению движением [27] на транспорте. Принятие решений в этом случае основано на выборе известного стереотипа - решения.

Нестереотипные ситуации – это ситуации, которые не имеют аналогов в практике движения и управления транспортом или для них нет готовых решений. Они характерны для модели цифровой железной дороги [6, 28]. Принятие решений в этом случае основано на выявлении параметров ситуации и последующем анализе параметров ситуации. Решение вырабатывается аналитическим методом для каждой ситуации.

Информационная ситуация может быть системной и несистемной, что влияет на управление подвижным объектом. Если параметры ситуации образуют целостную совокупность, обладающую системными свойствами, то такая модель информационной ситуации может быть рассмотрена как система и является системной. В этом случае выбор альтернатив может быть системным [9]. Информационная ситуация при определенных условиях может быть рассмотрена как система [29]. В этих случаях возможно применение системного подхода при систематизации альтернатив как единой системы. Систематизация альтернатив включает качественный и комплементарный анализ [25, 29] их параметров.

Беспилотное ситуационное управление.

Слепая информационная ситуация приводит к понятию беспилотного управления. Беспилотное управление достаточно давно используется в авиационном транспорте (автопилот). Беспилотное управление применяют в автомобильном транспорте (круиз контроль). Наступает период его использования в железнодорожном транспорте. Беспилотное транспортное средство работает в контакте с транспортной инфраструктурой или землей без присутствия человека на борту. Такое транспортное средство имеет набор датчиков для контроля состояния и наблюдения за окружающей средой (рис.3).

Оно будет либо автономно принимать решения о его поведении, либо передавать информацию оператору-человеку в другом месте, который будет управлять транспортным средством посредством телеуправления. Это есть признак субсидиарности. Например, беспилотный наземный автомобиль может использоваться для многих ситуаций, в которых опасно или невозможно присутствие оператора-человека. Он является наземным аналогом беспилотных летательных аппаратов и подводных беспилотных летательных аппаратов. Беспилотная робототехника активно использует беспилотное управление и применяется для военного использования для выполнения различных и опасных для человека действий.



Рисунок 3. Размещение датчиков для контроля состояния транспортного средства.

Основное назначение датчиков беспилотного транспорта - навигация, другое - анализ окружающей среды или анализ ситуаций. В основном, - это анализ трех типов ситуаций, которые описаны выше (рис.1). Датчики могут включать компасы, одометры, инклинометры, гироскопы, камеры для триангуляции, лазерные и ультразвуковые дальнометры и инфракрасные технологии [30, 31].

Беспилотные наземные транспортные средства (Unmanned Ground Vehicle - UGV) [32], как правило, считаются дистанционно управляемыми и автономными, хотя диспетчерский контроль также используется для обозначения ситуаций, когда существует комбинация принятия решений из внутренних систем UGV и удаленного оператора-человека. Это подчеркивает субсидиарность такого управления.

Беспилотное наземное транспортное средство имеет беспроводную точку доступа. Оно имеет беспроводной маршрутизатор для подключения центра управления при необходимости управления из центра. Для анализа видимой информационной ситуации на UGV установлена мульти сенсорная камера, анализирующая видимую ситуацию в разных спектральных диапазонах. Данные от камеры и из других источников поступают в субсидиарное устройство управления. Приоритетом управления является управление из центра, но при возникновении ситуации, не предусмотренной центральным управлением, субсидиарное устройство берет управление на себя и принимает автономные решения. Слепая информационная ситуация анализируется специальным устройством. Информационное сервисное устройство накапливает информацию о состоянии UGV и справочную информацию для пассажиров. Бортовое вычислительное устройство осуществляет анализ ситуации и расчет прогнозов ее развития. Кроме того, оно определяет степень адекватности центрального управления реальной ситуации движения.

Беспилотные наземные транспортные средства могут управляться не по одиночке, а группами [33]. В этом случае, значение центрального управления возрастает, и речь идет о двух алгоритмах управления: групповом и индивидуальном. Управление роями подвижных объектов характерно для групп роботов и групп беспилотных летательных аппаратов. Для управления группами используют понятие поля управления [33] или информационного поля. Полевое управление является новым видом управления. Пока этот вид управления не используется широко.

ОАО РЖД провела тестовую поездку первого беспилотного поезда «Ласточка» на экспериментальном железнодорожном кольце в городе Щербинке под Москвой. На Кольцевой ветке Московского метрополитена проводятся испытания нового программного обеспечения для беспилотного управления поездами [34].

Беспилотное управление разгружает машиниста, позволяя свести к минимуму влияние человеческого фактора. При этом машинист может, при необходимости, полностью переключить систему на ручное управление. Двери состава также открываются и закрываются по его команде, однако автопилот позволяет контролировать, чтобы это происходило, только когда поезд стоит на платформе. Это говорит о том, что де факто применяют субсидиарное управление, которое обладает повышенной надежностью по отношению к полностью беспилотному управлению. Это говорит также о том, что де факто применяют ситуационное управление, которое переключает управление от беспилотного к ручному.

Основой беспилотного управления, кроме использования большого числа датчиков является программное обеспечение. Особенностью управляющего программного обеспечения является то, что все программные системы должны быть защищены от внешнего воздействия и иметь более высокий уровень защищенности, чем программы АСУ или обычного управления. Более важной особенностью программного обеспечения, применяемого в беспилотном управлении, является использование нового типа алгоритмов. Алгоритмы, применяемые в беспилотном управлении транспортом, должны быть субсидиарными или с возможностью независимого выбора маршрута вычислений.

Поддержкой беспилотного управления железнодорожного транспорта является применение RFID-меток [35, 36]. Причем они применяются не как одиночные датчики, а как система или сеть с геодезической привязкой, внутри которой перемещается транспорт.

Обычная технология управления представляет собой логическую цепочку, которая состоит в логическом следовании: воздействия, передачи воздействия, получением воздействия, интерпретацией воздействия и изменением состояния объекта управления. Беспилотная технология управления состоит в циклах анализа ситуаций и принятия решений на основе ситуационного анализа. С точки зрения логики такое управление допускает разрывы в поведении объекта управления.

Важным фактором, сопутствующим беспилотному управлению, является организация инфраструктуры движения. Например, это наличие автоматически закрывающихся и открывающихся переездов. Важным фактором, сопутствующем беспилотному управлению, является наличие различных пространственных сетей: опорных геодезических, реперных, сетей базовых станций (ГНСС), сетей радиорелейных мачт, сетей электронных меток и др.

Заключение.

Беспилотное управление близко к концепции цифровой железной дороги и концепциям кибер-физических транспортных систем. Беспилотное управление является инновационной технологией, повышающей эффективность транспорта [37, 38]. Беспилотное управление наземным транспортом использует принципы субсидиарного управления и является субсидиарным. В свою очередь, субсидиарное управление использует комплексный ситуационный подход. Все виды наземного беспилотного управления фактически используют субсидиарное управление, что выражается в одновременном наличии двух режимов управления: периферийного (операционного) и центрального (стратегического). Субсидиарное управление создает возможность повышения надежности управления и снижения рисков.

Именно по этой причине оно служит основой беспилотного управления. С позиций надежности субсидиарное управление является управлением с резервированием. Одно управление является основным, но, при необходимости, подключается резервное управление. Недостатком субсидиарного управления является то, что оно требует дополнительных ресурсов в сравнении с обычным управлением. Субсидиарное управление повышает управляемость и устойчивость объекта управления в сложных ситуациях. Субсидиарное управление целесообразно применять для сложных гетерогенных систем, таких как: транспорт, воинские подразделения и мегаполисы. Беспилотное управление и субсидиарное управление являются ситуационными. Главным критерием управления для таких технологий и систем является не директивное указание сверху, а реальная ситуация движения.

Список литературы

1. Jin J. et al. Incident site investigation and management support system based on unmanned aerial vehicles : заяв. пат. 16600212 США. – 2020.
2. Speasl J., Patterson M., Roberts M. Unmanned aerial vehicle management : пат. 10453348 США. – 2019.
3. Kim K., Davidson J. Unmanned aircraft systems used for disaster management //Transportation Research Record. – 2015. – Т. 2532. – №. 1. – С. 83-90.
4. Nagao Y. Unmanned vehicle management systems and methods : заяв. пат. 16685611 США. – 2020.
5. Dhande B. S., Pacharaney U. S. Railway Management System using IR sensors and Internet of Things Technology //International Journal of Scientific Research in Network Security and Communication. – 2017. – Т. 5. – №. 1. – С. 12-15.
6. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. Digital management railway // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
7. Singhal V. et al. Artificial Intelligence Enabled Road Vehicle-Train Collision Risk Assessment Framework for Unmanned Railway Level Crossings //IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 113790-113806.
8. Sheng Y. D. Q. W. L. Research on Automatic Unmanned Urban Rail Integrated Automation System //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. – Т. 1168. – №. 2. – С. 022080.
9. Цветков В.Я. Системное управление // Государственный советник. – 2019. - №1(25). – С.57-64
10. V. Ya. Tsvetkov Subsidiarity management // European Journal of Economic Studies, 2018, 7(1): С. 42-47.
11. Цветков В.Я. Применение принципа субсидиарности в информационной экономике // Финансовый бизнес. -2012. - №6. – С.40-43.
12. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Критерии выбора субсидиарного управления // Государственный советник. – 2017. - №1. – С.10-15.
13. Цветков В. Я., Козлов А. В. Принципы субсидиарного управления // Государственный советник. – 2018. - №4(24). – С.20-28.
14. Лёвин Б. А., Цветков В. Я., Дзюба Ю. В. Субсидиарное управление на железной дороге //

Мир транспорта. - 2019. - Т. 17. - №4 (83). - С. 22-35.

15. Цветков В.Я. Развитие технологий управления // Государственный советник. – 2015. - №4(12). – С.5-10.

16. Массель А. Г., Массель Л. В. Ситуационный полигон как интеллектуальная система семиотического типа // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2015. – С. 246-255.

17. Коваленков Н.И. Ситуационное управление в сфере железнодорожного транспорта // Государственный советник. – 2015. - №2. – С.42-46.

18. Титов Е.К. Информационное ситуационное управление // Государственный советник. – 2019. - №1(25). – С.51-56.

19. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. 2012, 12-1 (36), p.2166- 2170.

20. Ожерельева Т.А. Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум, 2016. -4(14). – С.176-181.

21. Sabnis O. V., Lokeshkumar R. A novel object detection system for improving safety at unmanned railway crossings //2019 Fifth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM). – IEEE, 2019. – Т. 1. – С.149-152.

22 Sacchi C., Regazzoni C., Vernazza G. A neural network-based image processing system for detection of vandal acts in unmanned railway environments //Proceedings 11th International Conference on Image Analysis and Processing. – IEEE, 2001. – С.529-534.

23. Frost E. et al. Collaboration interface supporting human-autonomy teaming for unmanned vehicle management //45th International Symposium on Aviation Psychology. – 2019. – С. 151.

24. Sacchi C., Regazzoni C. S. A distributed surveillance system for detection of abandoned objects in unmanned railway environments //IEEE transactions on vehicular technology. – 2000. – Т. 49. – №. 5. – С. 2013-2026.

25. Богоутдинов Б.Б., Цветков В.Я. Применение модели комплементарных ресурсов в инвестиционной деятельности // Вестник Мордовского университета. - 2014. - Т. 24. № 4. – С.103-116.

26. В. Я. Цветков, Ю. В. Дзюба. Стереотипное управление // Государственный советник. – 2018. - №2. – С.34-38.

27. Щенников А.Н. Применение виртуальных блоков в управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – 1(9). – С.17 -26.

28. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. - 2018. - Т. 16. - №3 (76). - С. 50-61.

29. Розенберг И.Н. Сложность и комплементарность // Перспективы науки и образования. - 2016. - №5. - С.7-10.

30. Nguyen-Huu, Phuoc-Nguyen; Titus, Joshua. "GRRC Technical Report 2009-01 Reliability and Failure in Unmanned Ground Vehicle (UGV)" (PDF). University of Michigan. Retrieved 3 September 2016.

31. Demetriou, Georgios. "A Survey of Sensors for Localization of Unmanned Ground Vehicles (UGVs)".

32. Gerhart, Grant; Shoemaker, Chuck (2001). Unmanned Ground Vehicle Technology. SPIE-International Society for Optical Engine. p. 97. ISBN 978-0819440594. Retrieved 3 September 2016.

33. Barnes L., Fields M. A., Valavanis K. Unmanned ground vehicle swarm formation control using

potential fields //2007 Mediterranean Conference on Control & Automation. – IEEE, 2007. – С. 1-8.

34. <https://infomach.ru/bespilotnye-poezda/> дата просмотра 29.01.2020

35. Цветков В.Я., Ознамец В.В. Применение радиометок при мониторинге железнодорожных дорог // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 5. С. 34-35.

36. Want R. An introduction to RFID technology //IEEE pervasive computing. – 2006. – №. 1. – С. 25-33

37. V. Ya. Tsvetkov. Conceptual Model of the Innovative Projects Efficiency Estimation // European Journal of Economic Studies, 2012, №1 (1). – p. 45-50.

38. Розенберг И.Н., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Комплексные инновации в управлении сложными организационно-техническими системами. /под ред. В.И. Якунина - М.: Феория, 2010 - 248с.

УДК: 334.71: 656: 338.245

СИТУАЦИОННОЕ СЕМИОТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Охотников А.Л. Заместитель руководителя Центра, АО «НИИАС»,
E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Москва, Россия

Павловский А. А. к.т.н., Заместитель Генерального директора, АО «НИИАС»,
E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru, Москва, Россия

Аннотация. В статье анализируется ситуационное семиотическое управление, его методы и модели. Показано отличие технологического ситуационного управления и ситуационного менеджмента от ситуационного управления, описанного в теории искусственного интеллекта. Ситуационное семиотическое управление трактуется как информационное ситуационное управление и рассматривается применительно к управлению железнодорожным транспортом. Семиотический подход используется для знаковой формализации моделей информационной ситуации и формализации правил и процедуры управления транспортом. Показана применимость данного подхода к технологии цифровой железной дороги. Статья дает систематику информационных ситуаций, применяемых при управлении железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: транспорт, управление, ситуационное управление, семиотический подход, информационная ситуация, семиотическое моделирование.

SITUATIONAL SEMIOTIC MANAGEMENT

Okhotnikov A.L. Deputy Head, Center for strategic analysis and development,
JSC «NIIAS», E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Moscow, Russia

Pavlovskiy A.A. PhD., Deputy Director, JSC «NIIAS», E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru,
Moscow, Russia

Annotation. The article analyzes situational semiotic management, its methods and models. The difference between technological situation management and situation management from the situation management described in the theory of artificial intelligence is shown. Technological situation management is based on the use of an information situation model. In this paper, situational semiotic management is interpreted as informational situational management. Situational semiotic management is considered in the article in relation to railway transport management. The semiotic approach is used for sign formalization of information situation models and formalization of transport management rules and procedures. The applicability of this approach to digital railway technology is shown. The article provides a systematics of information situations used in railway transport management.

Keywords: transport, management, situational management, semiotic approach, information situation, semiotic modeling.

Введение

Семиотика в интеллектуальном управлении изучает знаковые системы, знаковую сущность информационных языков, знаковые отношения и взаимодействие знаков. Одним из

направлений искусственного интеллекта в области семиотики, предложенным Д.А. Поспеловым, является «прикладная семиотика» [1]. В информационном управлении [2, 3] существует аналогия семиотическим понятиям: информационный язык [4, 5], информационные отношения [7], информационные взаимодействия [8-10]. Семиотика в информационном управлении изучает также знаковые системы. Но эти знаковые системы имеют отличия: знаковые системы данных (модели данных или системы данных [11]), знаковые системы процессов (модели процессов [12, 13]), знаковые системы структур (модели структур), знаковые системы технологий (модели технологий), знаковые системы алгоритмов (модели алгоритмов).

Таким образом в информационных технологиях семиотика изучает различные модели, отображаемые в знаковые системы и взаимодействие этих знаковых систем. В семиотике искусственного интеллекта можно выделить две сферы приложения знаковых систем: коммуникации и познание. Данный подход разделяет семиотику на два направления: семиотику смысловых коммуникаций и семиотику познания. В семиотике информационного поля можно найти два соответствия – семиотика формального описания и семиотика процессуального описания. Они служат для управления в информационном поле или информационного управления.

Здесь очень важно определить объект управления [14-18]. В рассматриваемой ситуации объектом управления является транспортный объект (ТО). По нашему мнению, транспортный объект – это единичное или в составе системы транспортное средство, которое находится под управлением и перемещается в своей среде (вода, земля, воздух, космос), находящаяся в постоянной связи с субъектом управления посредством информационной системы. Основные различия между подвижным ТС и ТО представлены в разработанной нами таблице 1:

Таблица 1.

Различия между транспортным объектом и транспортным средством

Признак сравнения	Транспортный объект	Транспортное средство
Состояние в пространстве	движение	движение и покой
Состояние управления	непрерывное	периодическое (может быть без управления)
Связь с субъектом управления	всегда	не всегда
Наличие информационной системы (средства обмена данными)	необходимо	не важно
Определение местоположения	всегда	не обязательно

Как видно из таблицы 1, основными отличительными признаками ТО от ТС являются состояние в пространстве, состояние управления, связь с субъектом управления, а также наличие информационной системы (средств обмена данными). Т.е. в целях работы мы принимаем, что не каждое транспортное средство является транспортным объектом, а только то, которое движется и находится под постоянным управлением, посредством связи через информационную систему.

Для оценки и выбора наиболее верного решения при управлении транспортными объектами могут применяться разные виды моделирования. При этом обычно используют следующие модели: объект управления, система управления, параметрическая модель воздействия, окружающей среды на объект управления, описывающая ситуацию в которой находится объект

управления.

На основании введенного определения можно сделать вывод, что в процессе движения транспортный объект постоянно находится в динамически изменяемой информационной ситуации, которую можно описать параметрической моделью. В пространственном управлении эта модель трансформируется в модель пространственной информационной ситуации [19]. Для управления она требует использования не только обычных знаний, но и пространственных знаний.

Семиотический подход к технологическому управлению.

Несмотря на большое количество работ в области семиотики искусственного интеллекта, в России, при разработке концепций и принципов практического ситуационного менеджмента особенно за рубежом эти положения не использовались и ситуационное управление развивалось не зависимо от работ Д.А. Поспелова. Принципиальным отличием технологического семиотического управления [20] является использование информационных моделей как семиотических моделей.

Для конкретизации основных параметров модели необходимо рассмотреть, что такое ситуация как среда принятия решений.

Для формирования ситуации все обстоятельства можно разделить по двум основным категориям:

- 1) наблюдаемость (обнаруживаемость): наблюдаемые (обнаруживаемые), ненаблюдаемые (необнаруживаемые – скрытые от наблюдения, обнаружения);
- 2) влияние на ТО: влияющие, не влияющие.

Под наблюдаемостью для целей исследования подразумевается возможность фиксации и регистрации внешних или внутренних факторов транспортного объекта с помощью сенсоров, датчиков или визуального наблюдения. Соответственно, влияние на ТО означает, что обстоятельство оказывает воздействие как на параметры движения транспортного объекта, так и параметры самого ТО.

Причем для разных типов ТО определяются свои критерии наблюдаемости различных факторов и степень их влияния на ТО. Например, дождь может определяться датчиками, но для управления тепловозом он не оказывает влияния, а для управления воздушным судном представляет интерес, для принятия возможного маневра для обхода грозового фронта. Для подводной лодки определяются свои факторы, которые могут определяться и влиять на ее движение (наличие льда, течений, других судов). Теперь рассмотрим совокупность обстоятельств в двумерной матрице.

Обстоятельства, которые создают управленческую ситуацию вокруг объекта, должны быть наблюдаемы для ТО и они должны оказывать влияние на ТО. Тогда совокупность именно этих обстоятельств создает информационную ситуацию, которая важна для управления транспортным объектом.

В рассмотренных условиях основной моделью ситуационного управления является модель информационной ситуации.

Информационной ситуацией назовем кортеж вида:

$$IS = \langle O, CPS, CPO, C, R, L, A, PFi, PGi, Vfi, VGi, U \rangle, \quad (1)$$

где:

O_i - множество объектов основных символов; $i=1 \dots n$ – число объектов

- R - множество отношений;
- CPS – множество ключевых параметров ситуации
- CPOi – множество ключевых параметров объекта
- C – множество связей,
- A - множество знаний о предметной области;
- PFi – фактическое положение i-го объекта,
- PGi – требуемое положение i-го объекта
- VFi – фактическая скорость i-го объекта
- VGi – требуемая (допустимая) скорость i-го объекта
- L – множество координат железнодорожного пути
- Uij- управляющее воздействие на i-ый объект на j-ом этапе

При управлении транспортом требуются не только пространственные знания [21], но и пространственные данные (геоданные [22, 23]) и особый вид знания – геознание [24- 26].

Одним из условий управления объекта является описание воздействия на объект

$$U_{ij} \rightarrow O_i(PFi, VFi) \rightarrow O_i(PGi, VG) \quad (2)$$

В выражении (2) существует следующая последовательность событий. Управляющее воздействие U_{ij} на объект O_i с фактическим положением PFi и фактической скоростью VFi приводит к тому, что объект O_i приобретает скорость VGi и смещается в пространственное положение PGi . Выражение (2) удобно использовать для диспетчерского пункта, контролирующего движение поезда. При движении существует множество прагматических правил, соблюдение которых говорит о штатности движения. Два из правил приведены ниже:

$$PFi \cap PFk = \emptyset \quad (3)$$

$$PFi \in L \quad (4)$$

Выражение (3) означает, что исключается ситуация, при которой два объекта сталкиваются (занимают одно пространственное положение). Выражение (4) говорит о том, что движение происходит только по железнодорожному пути. На рис.1 приведена пространственная информационная ситуация при отсутствии объектов.

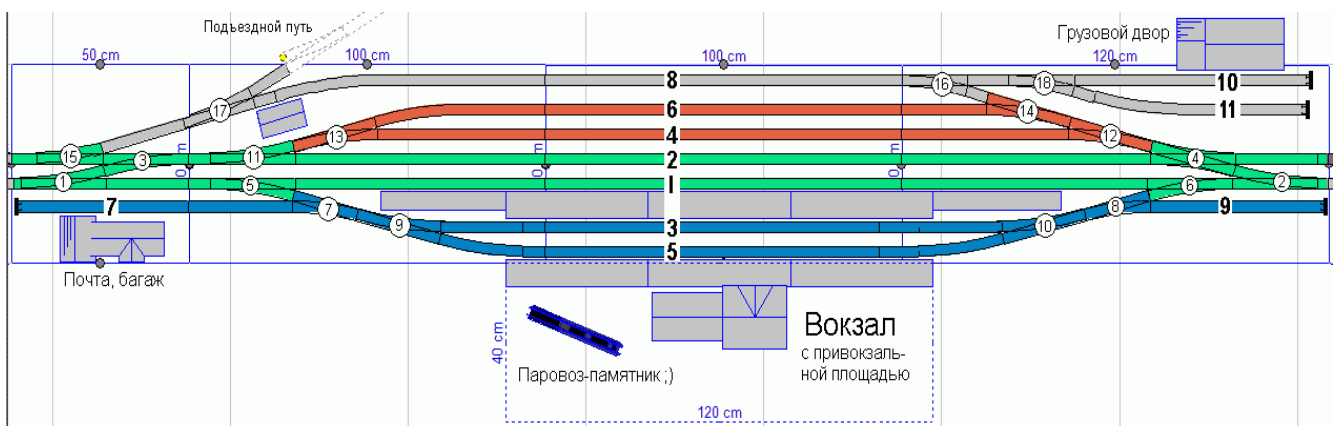


Рисунок 1. Пространственная топологическая информационная ситуация IS₁

Информационная ситуация на рис.1 характеризует возможное движение и перемещение объектов в плане. В силу сложности топологии такая информационная ситуация является сложной. Таким образом можно сделать вывод, что топологическая сложность задает сложность пространственной информационной ситуации. Основной доминантой ситуации на рис.1 является топология. Поэтому такие информационные ситуации следует обозначать как топологические пространственные информационные ситуации. Простая информационная ситуация в топологическом аспекте приведена на рис.2.

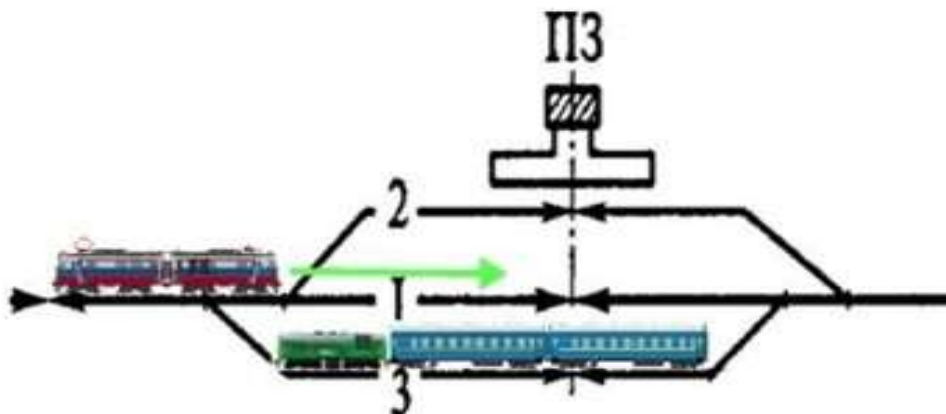


Рисунок 2. Простая информационная ситуация IS_2 .

На рис.2 показана простая пространственная информационная ситуация - разъезд. Разъезд – раздельный пункт на однопутных линиях, имеющий путевое развитие, предназначенное для скрещивания и обгона поездов. Для ситуации на рис.2 выполняются условия (3) и (4).

Еще более простая информационная ситуация характеризует блок участок. Блок участок входит в состав других пространственных информационных ситуаций. В теории информационного моделирования элементарную информационную модель, которая входит в состав других моделей называют информационной единицей [27, 28]. На рис.3 показана такая информационная единица, называемая блок участок (IS_3 , IU).

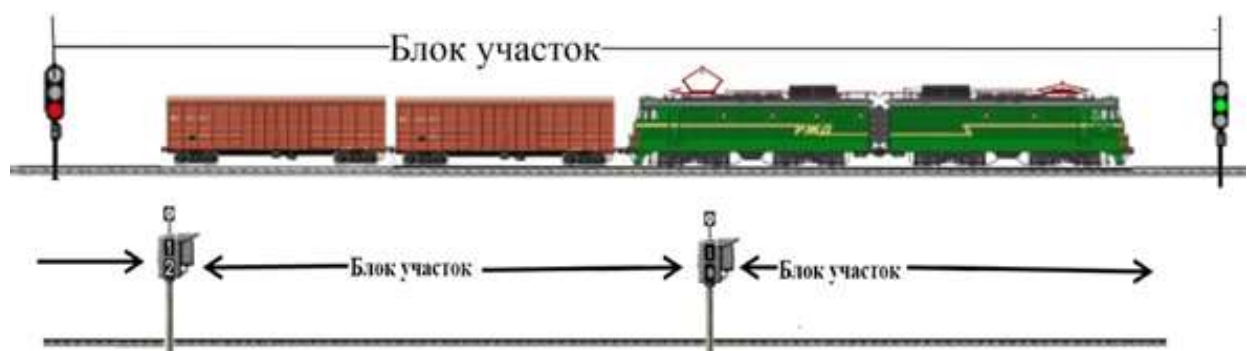


Рисунок 3. Фрагмент информационной ситуации – информационная единица.

Информационная ситуация может иметь визуальную форму представления. Например, при движении транспортного средства визуальная управленческая ситуация представляет собой видимую часть пути (рис.4).



Рис.4. Визуальная информационная ситуация ISV, как основа контроля движения.

Информационная ситуация, показанная на рис.4 является визуально управленческой. Она используется для контроля при ведении поезда.

Пространственная информационная ситуация может характеризовать не только движение, но и состояние пути. На рис.5 приведена пространственная информационная ситуация такого типа.

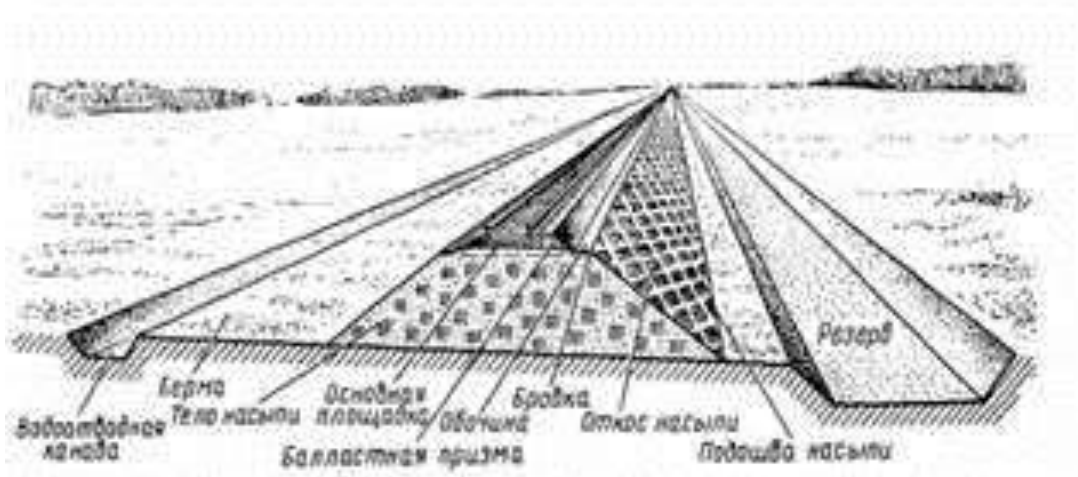


Рис.5. Пространственная информационная ситуация DTM, описывающая состояние пути.

На рис.5 приведена информационная ситуация, которая является пространственной моделью и создается методами геодезии и геоинформатики. Ее называют также цифровой моделью пути, моделью рельефа с наложенным объектом, информационной ситуацией, характеризующей состояние геотехнического объекта [29].

Семиотическое моделирование.

Можно построить рекурсивную схемы декомпозиции для информационных пространственных ситуаций

$$IS_1 = \varphi_1(IS_2), \quad (5)$$

$$IS_2 = \varphi_2(IS_3), \quad (6)$$

$$IS_2 = \varphi_2(IU), \quad (7)$$

Если рассматривать выражения в порядке 5-6-7, то в этом случае получаем процесс декомпозиции. Он имеет место при анализе фактического состояния пути и инфраструктуры.

Выражение (5) описывает упрощение или редукцию топологической схемы. Выражение (6) локализует ситуацию до более простой. Выражение (7) означает предел деления ситуации до самой простой.

Если рассматривать выражения в обратном порядке 7-6-5, то в этом случае получаем процесс композиции. Он имеет место при выносе проекта в природу и строительстве.

Информационная визуальная ситуация применяется при контроле вождения. Решающими правилами для визуальной информационной ситуации являются выражение (3) и альтернативное ему выражение (8), для наглядности приведем эти выражения вместе:

$$PF_i \cap PF_k = \emptyset, \quad (3)$$

$$PF_i \cap PF_k \neq \emptyset, \quad (8)$$

Выражение (3) разрешает движение, выражение (8) запрещает движение.

Пространственная информационная ситуация, описывающая состояние пути, применяется при контроле состояния пути и при геотехническом мониторинге. Если CPS – множество ключевых нормативных параметров ситуации, то CPSF – множество ключевых фактически параметров ситуации, которые описывают фактофиксирующие модели.

Решающими правилами для данной пространственной информационной ситуации являются выражение (9) и альтернативное ему выражение (10)

$$CPS - CPSF < \Delta, \quad (9)$$

$$CPS - CPSF > \Delta \rightarrow PP \quad (10)$$

Выражение (9) говорит о том, что состояние пути находится в рамках допусков Δ и разрешает эксплуатацию пути и движение по нему. Выражение (10) говорит о том, что состояние пути не соответствует нормативным требованиям, запрещает движение и влечет ремонтные работы (PP).

Информационная ситуация как основа семиотического моделирования. Ситуационное управление занимает свою нишу в системе технологий управления [30] и относится к школе управления при непредвиденных обстоятельствах. Ситуационное управление должно быть логически не противоречивым [31]. Как показали выше проведенные исследования, существуют разнообразные информационные ситуации, которые предназначены для решения разных задач. Например, модель информационной ситуации позволяет создать модель информационной позиции объекта управления [14], что дает возможность оценить информационное преимущество [32] объекта управления. Модель информационной ситуации вписывается в теорию и технологию ситуационного управления [33-35].

Информационное ситуационное моделирование широко использует информационные отношения, которые характеризуют ситуацию как набор отношений в первую очередь. Отношение обладает большими степенями свободы чем связь [36]. Отношения в ситуации задают вариабельность целей и вариабельность поведения.

Для учета всех возможных вариантов действий и сокращения времени принятия решений целесообразно использовать применять специализированные системы поддержки принятия решений. Одним из типов таких систем является автоматизированная система ситуационного управления транспортным объектом, которая представляет собой комплекс программно - аппаратных средств и математических моделей для управления транспортным объектом в зависимости от его окружающей информационной ситуации, текущего состояния и целей

управления, посредством взаимодействия информационной системы на управляемые параметры объекта.

Заключение.

В данной работе обозначены принципы семиотического моделирования, которые будут более детальными при реализации конкретной модели управления железной дорогой. Семиотическое моделирование не решает полностью задачу логической непротиворечивости, но позволяет проводить логический анализ схем управления. Семиотическое моделирование не решает полностью задачу комплементарности [40-42] управленческих процессов и требует дополнительного анализа схем управления в этой части.

Современное развитие транспорта предполагает повышение интенсивности и глубины использования современных вычислительных систем и средств интеллектуальной поддержки управленческой деятельности. Скорость принятия решения зависит не только от квалификации конкретного человека, но и от полноты сведений о ситуации, а также скорости генерации возможных решений.

Одним из важных направлений интеллектуализации является применение семиотического информационного моделирования. Схемы этих моделей применимы при централизованном управлении. При использовании транспортных кибер-физических систем, при использовании моделей цифровой железной дороги [43-45]. Семиотическое моделирование и управление удобно использовать при беспилотном управлении железнодорожным транспортом, поскольку с помощью модели информационной ситуации оно объединяет видимую зону движения с невидимой или слепой. Технологии цифровой железной дороги также вписываются в концепцию семиотического управления.

Список литературы

1. Поспелов Д. А. Принципы ситуационного управления //Изв. АН СССР. Техническая Кибернетика. – 1971. – №. 2. – С. 10-12.
2. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – С.11-24.
3. Цветков В.Я. Информационное управление. - LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany 2012 -201с.
4. Чехарин Е.Е. Языки информационных технологий // Славянский форум. - 2017. -2(16). – С.57-61.
5. Иванников А.Д. Проблема информационных языков и современное состояние информатики // Российский технологический журнал. - 2014 - № 4 (5) - С.39-62.
7. V. Ya. Tsvetkov. Information Relations // Modeling of Artificial Intelligence. 2015. № 4(8). – p.252-260.
8. Кудж С.А. Информационное взаимодействие и его атрибуты// Славянский форум. - 2017. - 4(18). – С.27-33.
9. Номоконова О. Ю. Информационная неопределенность в информационном взаимодействии // Славянский форум. - 2017. -1(15). – С.104-110.
10. Tsvetkov V. Ya. Information interaction // European researcher. 2013. № 11-1 (62). С. 2573-2577.
11. Номоконова О.Ю Сложные системы данных // Славянский форум. -2019. – 2(24). - С.129-

136

12. Раев В.К. Процессуальные и дескриптивные информационные модели // Славянский форум. -2018. – 3(21). - С.28-32.

13. Цветков В. Я. Информатизация, инновационные процессы и геоинформационные технологии. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка - 2006. - №4 - С.112-118.

14. Потапов А. С. Информационная ситуация и информационная позиция в информационном поле // Славянский форум. - 2017. - 1(15). – С.283-289.

15. Цветков В.Я. Систематика информационных ситуаций // Перспективы науки и образования. - 2016. - №5 (23). - С.64-68/

16. Лотоцкий В.Л. Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. - 2017. -2(16). – С.39-44

17. Титов Е.К. Модели информационных ситуаций // Славянский форум. -2019. – 1(23). - С.46-52.

18. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. 2012, 12-1 (36), p.2166- 2170

19. Павлов А.И. Пространственная информационная ситуация // Славянский форум, 2016. - 4(14). – С.198-203.

20. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Семиотическое управление транспортными системами // Славянский форум, 2015. - 2(8) - С.275-282.

21. Цветков В.Я. Пространственные знания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. №7. С.43-47.

22. V. P. Savinykh and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365–368. DOI: 10.1134/S1019331614050049.

23. Markelov V.M. Application Geodata in Logistics // European Researcher. 2012, № 11-1 (33). – pp.1835-1837.

24. Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. - 2013. - №12. - С.2-9.

25. Ожерельева Т.А. Геознания. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №5—4. – С.669-669.

26. Савиных В.П. Геознание. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 132с.

27. Чехарин Е.Е. Информационные единицы в языке предикатов // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. - 2018.- № 6 (10). –С.15-21.

28. Tsvetkov V. Ya. Logic units of information systems // European Journal of Natural History. – 2009. – № 2. – p.99-100.

29. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система //Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - С.52.

30. Цветков В.Я. Развитие технологий управления // Государственный советник. – 2015. - №4(12). – С.5-10.

31. Розенберг И.Н., Козлов А.В. Логический анализ схем управления // Славянский форум. - 2018. – 2(20). - С.83-89.

32. Tsvetkov V. Ya. Dichotomic Assessment of Information Situations and Information Superiority // European researcher. 2014. № 11-1 (86). p.1901-1909.

33. Коваленко Н.И. Ситуационное управление в сфере железнодорожного транспорта // Государственный советник. – 2015. - №2. – С.42-46.
34. Розенберг И. Н. Ситуационное управление в сфере транспорта // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – С.42-48.
35. Поспелов Д. А. Большие системы. Ситуационное управление. – М.: Наука, 1975.
36. Елсуков П.Ю. Анализ отношения и взаимодействия в информационном поле // Славянский форум. -2019. – 1(23). - С.110-115.
37. Цветков В.Я. Когнитивные аспекты построения виртуальных образовательных моделей// Перспективы науки и образования. - 2013. -№3. – С.38-46.
38. Кузнецов О. П., Кулинич А. А., Марковский А. В. Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт //Человеческий фактор в управлении/Под ред. НА Абрамовой, КС Гинсберга, ДА Новикова. –М.: КомКнига. – 2006. – С. 313-344.
39. Чехарин Е. Е. Картина мира как когнитивная модель // Славянский форум, 2016. -4(14). – С.290-296.
40. Цветков В.Я. Комплементарность информационных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №2. – С.182-185.
41. Щенников А. Н. Комплементарное управление транспортными потоками мегаполиса // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – 3(11). – С.17-25.
42. Щенников А.Н. Комплементарность при обработке информации // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. - 2019. - № 1(11). – С.24-30.
43. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. Digital management railway // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
44. Уманский В. И., Павловский А. А., Дзюба Ю. В. Цифровая Железная Дорога. Технологический уровень // Перспективы науки и образования. – 2018. - №1 (31). – С. 208-213.
45. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – С.69-79.

УДК: 625.173: 656, 004.89, 656.052

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТОВ ПУТИ

Коваленко Н. И. д.т.н., профессор, Российский университет транспорта (МИИТ), E-mail: kni50@mail.ru, Москва, Россия

Аннотация. Задача исследования состоит в применении методов линейного программирования для планирования работ на основе проведения анализа факторов, влияющих на возникновение потребности проведения работ и установить причинно-следственную связь между работами и группами факторов «воздействие проходящих поездов на путь» и факторов природно-климатического характера естественного старения. В качестве математической модели может рассматриваться каноническая транспортная задача, в которой используют два типа критериев оптимизации: минимум затрат на выполнение работ и минимум времени на её выполнение. В статье приведены результаты исследования причинно-следственных взаимосвязей для основных видов работ по текущему содержанию верхнего строения пути, работ по плано-предупредительной выправке пути и стрелочных переводов с учетом группировки работ.

Ключевые слова: Работы по текущему содержанию железнодорожного пути, технически обоснованные нормы времени (ТНК), специализация путей, внутригодовое бюджетирование, группировка работ.

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING METHODS IN DEVELOPMENT OF TRACK REPAIR PLANNING MODEL

Kovalenko N.I. DofSci.(Tech.), Professor, Russian University of Transport (MIIT), E-mail: kni50@mail.ru, Moscow, Russia

Annotation. The objective of the study is to apply linear programming methods for work planning based on the analysis of factors affecting the emergence of the need for work and to establish a causal relationship between work and groups of factors "the impact of passing trains on the track" and factors of the climatic nature of natural aging. A canonical transport problem can be considered as a mathematical model, in which two types of optimization criteria are used: a minimum of costs for performing work and a minimum of time for its implementation. The article presents the results of the study of cause-and-effect relationships for the main types of work on the current maintenance of the upper structure of the track, work on the planned preventive alignment of the track and turnouts, taking into account the grouping of works.

Keywords: Works on the current maintenance of the railway track, technically justified norms of time (TNC), specialization of tracks, intra-annual budgeting, grouping of works.

Введение.

Задачи исследования состоят в том, что на макроуровне необходимо получить возможность оперативного установления роста объёма финансирования (или его снижения) в путевое

хозяйство при оценке последствий переориентирования направлений грузопотока, или изменения интенсивности перевозочного процесса, или изменения структуры перевозочного процесса, или каких-либо изменений ориентации железнодорожных перевозок.

Цель выполнения работ по анализу факторов, влияющих на возникновение потребности проведения работ по каждой статье 2101 и 2107 и установить обычно наблюдаемую в большинстве случаев причинно-следственную взаимосвязь между работами и группами факторов «воздействие проходящих поездов на путь» и факторов природно-климатического характера, естественного старения.

Разработанная и утвержденная правительством РФ «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» предусматривает дальнейший рост рентабельности и повышение эффективности работы железнодорожного комплекса, что в первую очередь определяется снижением затрат и рациональным использованием имеющихся ресурсов. Данная стратегия принята в разработанной ОАО «РЖД» Концепции бережливого производства. В рамках этого подхода в «Стратегических направлениях научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2025г.» («Белая книга» ОАО «РЖД»), поставлена одна из важнейших задач уменьшения затрат в структурных подразделениях Центральной дирекции инфраструктуры (далее, ЦДИ) и Центральной дирекции по ремонту пути (далее, ЦДРП).

В качестве математической модели для решения задачи анализа факторов, влияющих на возникновение потребности проведения работ по каждой статье 2101 и 2107, может рассматриваться каноническая транспортная задача, в которой используют два типа критериев оптимизации: минимум затрат на выполнение работ и минимум времени на её выполнение. В широком смысле, транспортная задача охватывается широкий круг задач с общей математической моделью [1, 2] и относится к области линейного программирования [3, 4].

Классическую транспортную задачу можно решить симплекс-методом [5, 6], но при учете её особенностей результат решения может быть другим. Общим недостатком постановки и решения транспортной задачи в ее многочисленных вариантах является то, что она не учитывает интересы всех участников рынка. На рынке существует спрос, который является дополнительным фактором, и фактор спроса в решении транспортных задач не учитывается [7, 8].

В работе [7] рассмотрено решение транспортной задачи, в наибольшей мере отвечающее поставленной цели: планированию расходов на техническое обслуживание пути в зависимости от классификации железнодорожных линий.

Условиями постановки классической транспортной задачи являются следующие:

- имеется m – производителей работ (вектор ресурсов),
- имеется n – ремонтных объектов (вектор потребления),
- заданы коэффициенты затрат c_{ij} .

Для задачи планирования расходов на техническое обслуживание пути затраты c_{ij} рассматриваются как стоимости единицы ремонтной операции от i -го производителя для j -го ремонтного объекта (матрица затрат). В результате решения необходимо определить x_{ij} объем ремонтных работ от i -го производителя (например, ПМС) для j -го пользователя (например, дистанции пути) (искомое решение). Кроме того, необходимо определить план объема ремонтных работ для каждой пары производитель (ПМС) – пользователь (дистанция пути), чтобы по возможности удовлетворить все следующие условия:

- мощности всех производителей были бы реализованы;
- спросы всех пользователей были бы удовлетворены;
- суммарные затраты на производство работ были бы минимальными.

При постановке классической транспортной задачи необходимо учитывать следующие особенности:

- система ограничений задается в виде равенств (каноническая форма);
- коэффициенты при переменных системы могут быть 0 или 1;
- каждая переменная входит в систему ограничений два раза.

Система ограничений имеет вид:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = M_j \quad (j = 1, \dots, m) \quad (1)$$

где, m – число производителей работ (количество ПМС):

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = N_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2)$$

где, n – число ремонтных объектов (количество километров для ремонта).

Линейная функция может быть выражена в виде:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \Rightarrow \min \quad (3)$$

При решении поставленной задачи с учетом множества ограничений (зависимости 1, 2) требуется найти решение X , при котором линейная функция F (формула 3) имеет минимальное значение.

Произвольно допустимое решение X ($x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}, x_{ij}, \dots, x_{m1}, x_{mn}$) называют распределением заявок или предложений. Оно задается заполнением таблицы заявок или предложений от производителей к заявителям. Если суммарная мощность производителей равна суммарной потребности заявителей, то такой тип задач называют закрытым, в противном случае задачу называют открытой.

Решение транспортной задачи включает два этапа:

- первый этап заключается в нахождении первоначального базисного решения;
- второй этап включает корректировку и оптимизацию базисного решения.

После нахождения базисного решения плана производства работ, нужно применить один из алгоритмов его улучшения и приближения к оптимальному плану.

Исследованиями, представленными в работе [7], рассмотрена транспортная задача с учетом интересов между заявителем и производителем в условиях наличия конкурентной среды, как между заявителями, в данном случае дистанциями пути, на полигоне которых возникает необходимость производства ремонтов пути, так и между производителями, в данном случае ПМС, которые могут выполнить данные ремонты пути.

В реальной практике транспортная задача решается с учетом опыта взаимодействия между заявителем и производителем. В реальности и на рынке планирования ремонтных работ существуют интересы производителей (ПМС) и интересы заявителей (дистанций пути). Интересы производителей (ПМС) отражены графом предложений (рисунок 1) и матрицей предприятий по производству ремонтных работ (рисунок 2). Условно матрица предприятий

(ПМС) по производству ремонтных работ (поставщиков) обозначена как матрица (В).

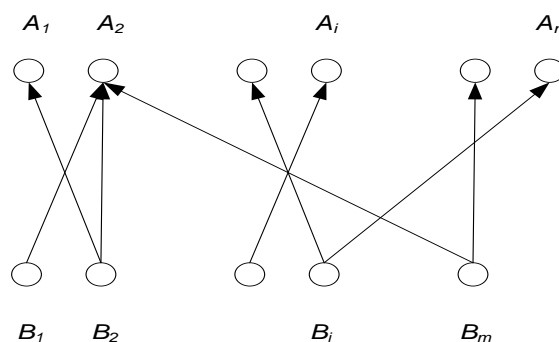


Рисунок 1. Граф предложений для предприятий по производству ремонтных работ (ПМС)

Граф предложений (рисунок 1) показывает, что отношения между поставщиками не являются комплиментарными. Между ними существует конкуренция и борьба за своего потребителя.

	A_1	A_2	....	....	....	A_n
B_1		t				
B_2	t	t	t			
....			t	t	t	
....		t	t		t	t
....			t			t
B_m	t	t		t	t	

Рисунок 2. Матрица (В) поставщика (предприятий по производству ремонтных работ – ПМС)

В матрице (В) предложения обозначены символом t (*tender*). Наличие символа t в строке матрицы качественно отражает интерес поставщика в выполнении определённого объёма ремонтных работ, определяемого количественно величиной (t).

Аналогичная ситуация существует для удовлетворения интересов заявителей (дистанций пути). Интересы потребителя отражает граф спроса (рисунок 3) и матрица потребителя (рисунок 4). Условно матрица заявителей (дистанций пути) обозначена как матрица (А). Граф спроса (рисунок 3) показывает, что между потребителями, как и между поставщиками, существует конкуренция и борьба за своего поставщика.

В матрице (А) предложения обозначены символом r (*request*). Наличие символа r в строке матрицы качественно отражает интерес потребителя (дистанции пути) к данному поставщику (ПМС), который количественно выражает интерес в получении продукта (выполнения ремонта), определяемого количественно величиной r .

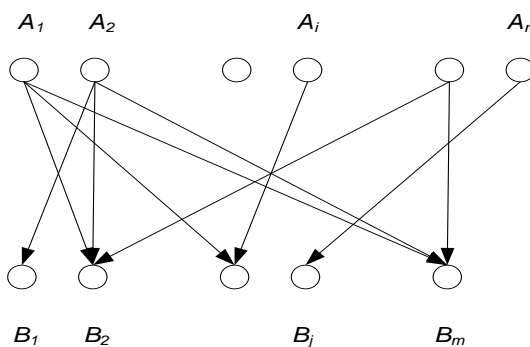


Рисунок 3. Граф спроса на выполнение ремонтов от заявителей (дистанций пути).

	A_1	A_2	....	....	....	A_n
B_1	r	r				r
B_2		r	r			
....			r	r	r	
....		r	r	r	r	
....	r	r		r		r
B_m				r	r	

Рисунок 4. Матрица (A) заявителей (дистанций пути).

Величины r и t имеют противоположные знаки. Это обусловлено противоположными направлениями векторов, изображенных на рисунке 1 и на рисунке 3.

Следует отметить, что данная постановка задачи приводит не к одной, а к двум матрицам. Эти матрицы отражают не только разные интересы поставщика и потребителя, но внутреннюю конкуренцию между поставщиками и потребителями.

Матрицы (A) и (B), в отличие от математической постановки задачи, формируются на основе реальных ежегодных планов производства ремонтов пути (или планов потребления продукции). По существу, они могут повторять план предыдущего года с внесением в него корректировок. Поэтому их можно использовать в качестве реального опорного плана.

Матричное решение получается путем наложения векторных схем или сложения матриц (A) и (B) с элементами, имеющими противоположные знаки. В идеальном случае рассматривается сбалансированная система потребления и поставок. Такой вариант считается оптимальным решением (зависимость 4).

$$A + B = 0 \tag{4}$$

В реальности при возникновении несоответствия (зависимость 5):

$$A + B = N \tag{5}$$

где N – определяется как матрица несоответствия (рисунок 5)

Элементами матрицы несоответствия будут r и t , а также Δr и Δt . Величины r и t , говорят о полном несоответствии по данному направлению (связи поставщик – потребитель), а величины Δr и Δt говорят о наличии частичного несоответствия между данным направлением взаимодействия. То есть имеет место избыток ресурсов со стороны производителя t (ПМС) или

недостаток в ресурсах r (недостаток финансирования) со стороны потребителя (дистанции пути).

	A_1	A_2	...	...	...	A_n
B_1	r	0	0	0	0	r
B_2	t	0	0	0	0	0
....	0	0	0	0	0	0
....	0	0	0	r	r	0
....	r	r	t	r	0	0
B_m	t	t	0	0	0	0

Рисунок 5. Матрица (N) несоответствия

Задача сводится к минимизации матрицы путем взаимного поглощения ее элементов (зависимость б)

$$A + B = \min (N) \tag{6}$$

Эта задача решается методами комбинаторной математики.

Исследованиями, представленными в [7] рассмотрена транспортная задача с учетом комбинаторных методов ее решения.

В случае решения задачи планирования расходов на техническое обслуживание пути в зависимости от классификации железнодорожных линий минимизация матрицы может рассматриваться как задача целочисленного программирования. Такие задачи (задачи максимизации) носят название «Задача о ранце», которая всегда решается. Данная задача формулируется следующим образом [8, 9].

Имеется n участков назначения ремонтов пути ($c_{ij} = 1, n$) и различные стоимости производства работ c_j . Требуется выбрать такие виды ремонтных работ, которые имеют минимальную суммарную величину не более b_1 (заданного значения бюджета). Обозначим $x_j = 1$, если j -й вариант выполнения ремонтов выбран, и $x_j = 0$ в противном случае. В нашем случае задача состоит в минимизации линейной формы (F_L):

$$F_L(x) = \sum_{j=1}^n (c_j x_j) \Rightarrow \dots \min \tag{7}$$

При линейном ограничении:

$$\sum_{o=1}^m (c_j x_j) \leq b_i, \quad x_j = \{0,1\} \tag{8}$$

Для решения данной задачи, в основном, предлагаются алгоритмы, основанные на методе динамического программирования [7, 8].

Обобщением задачи является задача целочисленного линейного программирования. По существу, это и есть решение транспортной задачи. В нашем случае требуется минимизировать стоимостные потребности в ремонтных работах (f_r).

Алгоритмы решения целочисленной задачи линейного программирования используют, главным образом, идею дополнительных секущих плоскостей, предложенной Гомори [10, 11]. Машинные эксперименты, проведенные с этими алгоритмами [12], показали, что они дают хорошие результаты в основном для задач небольшой размерности. Однако даже среди этих

задач встречаются такие, для которых алгоритмы секущих плоскостей либо не дают решения за реальное время, либо требуют объема вычислений того же порядка, что и полный перебор.

$$f_r(x) = \sum_{i=1}^n (c_j x_j) \quad j = 1, \dots, n \quad (9)$$

При ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n (a_{i,j}) \leq b, \quad (10)$$

где, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$; $x_j = \{0,1\}$

В задачах комбинаторного типа выделяются две группы решений: метод локальной оптимизации и метод пошагового получения решений. В [13, 14] описано исследование по применению метода случайного поиска для решения задачи целочисленного программирования при дополнительном условии, что все параметры a_{ij} , c_j , b неотрицательны.

Планирование расходов на техническое обслуживание пути в зависимости от классификации железнодорожных линий относятся к задачам линейного программирования, в которых, для определения прямых затрат на текущую эксплуатацию путевой инфраструктуры на линейном, региональном и центральном уровнях с учетом классификации железнодорожных линий, затраты планируются в рамках внутригодового бюджетирования.

Планирование прямых затрат на техническое обслуживание пути осуществляется на год с разбивкой по кварталам.

Формирование затрат с учетом объемов производственного плана дистанции пути производится последовательно, начиная с линейного уровня, сформированного производственно-техническим отделом дистанции пути в соответствии с комплексной оценкой состояния объектов инфраструктуры путевого хозяйства (далее, КОСП) на основе осеннего комиссионного осмотра [15, 16].

Формирование прямых затрат на техническое обслуживание пути на региональном уровне осуществляется путем консолидации плановых расходов линейного уровня и последующей их передачей на центральный уровень [15, 16], где осуществляется корректировка и утверждение общего бюджета, с учетом бюджета отрасли.

Прямые затраты на техническое обслуживание пути учитывают классификацию и специализацию железнодорожных линий в соответствии с Методикой классификации и специализации железнодорожных линий ОАО «РЖД», утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 23.12.2015г. №3048р, а также классификацию железнодорожных путей по Положению о системе ведения путевого хозяйства ОАО «РЖД», утвержденному распоряжением ОАО «РЖД» от 31.12.2015 года №3212р.

Для структуризации и укрупнения нормативно-методической документации по укрупненному виду работ «Содержание и эксплуатация инфраструктуры железнодорожного транспорта» по хозяйству пути для оценки бюджета затрат разработаны следующие укрупненные параметры:

1. железнодорожный путь бесстыковой конструкции;
2. железнодорожный путь звеньевой конструкции;
3. факторы «воздействия проходящих поездов на путь» для интенсивных условий эксплуатации (участки пути 1-ого, 2-ого и 3-его классов);

4. факторы «воздействия проходящих поездов на путь» для неинтенсивных условий эксплуатации (участки пути 4-ого и 5-ого классов);

5. факторы природно-климатического характера, естественного старения.

Группирование работ по факторам «воздействия проходящих поездов на путь» и природно-климатического характера, естественного старения выполняются отдельно для каждой конструкции пути (бесстыковой и звеньевой).

В результате группировки статей ТНК по типу конструкции пути получены следующие результаты: на техническое обслуживание бесстыкового пути приходится 45,5% статей расходов; на техническое обслуживание звеньевого пути приходится 54,5% статей расходов.

Группировкой статей ТНК для бесстыкового пути по факторам «воздействия проходящих поездов на путь» установлено следующее: для участков пути 1, 2, 3 классов приходится 81,4% статей; на участки 4 и 5 классов – 12,9%. На факторы природно-климатического характера, естественного старения приходится 5,7% статей ТНК.

Группировкой статей ТНК для звеньевого пути по факторам «воздействия проходящих поездов на путь» установлено следующее: для участков пути 1, 2, 3 классов приходится 68,6% статей; на участки 4 и 5 классов – 27,5%. На факторы природно-климатического характера, естественного старения приходится 3,9% статей ТНК.

Таким образом, проведенным группированием статей ТНК по укрупненному виду работ «Содержание и эксплуатация инфраструктуры железнодорожного транспорта» по хозяйству пути для оценки бюджета затрат на макроуровне установлена возможность более оперативного и обоснованного установления изменения объема финансирования в путевое хозяйство при оценке последствий переориентирования направлений грузопотока, или изменения интенсивности перевозочного процесса, или изменения структуры перевозочного процесса, или каких-либо изменений ориентации железнодорожных перевозок.

Заключение.

Учет интересов не только предприятий по производству ремонтных работ, например ПМС, но и заявителя, например, дистанции пути, приводит к необходимости постановки транспортной задачи нового типа. В этой задаче вместо одной матрицы используются две матрицы, независимо отражающие интересы предприятий по производству ремонтных работ по техническому обслуживанию пути, например, ПМС и потребителя (заявителя), например, дистанции пути.

Эти матрицы формируются на основе сложившихся институциональных отношений между поставщиками и потребителями. Они отражают не только текущую выгоду, но и надежность взаимодействия, что в обычной постановке транспортной задачи игнорируется. Эти матрицы служат основой получения опорного решения. Дальнейшая оптимизация получается путем обработки результирующей матрицы, причем результирующая матрица может быть дополнена новыми предприятиями по производству ремонтных работ и новыми потребителями (заявителями). В качестве решения результирующей матрицы можно использовать метод решения «Динамической транспортной задачи с задержками» или комбинаторные методы.

Список литературы

1. Миловидов С.П., Козлов П.А. Динамическая транспортная задача с задержками в сетевой постановке //Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1982. – №. 1. – С. 211-212.

2. Бородинова И.А., Сараев Л.А. Стохастическая транспортная задача // Вестник Самарского государственного университета. 2010. № 81. С.16-23.
3. Dantzig G. Linear programming and extensions. – Princeton university press, 2016.
4. Gass S. I. Linear programming //Encyclopedia of Statistical Sciences. – 2004. – V. 6.
5. Nelder J. A., Mead R. A simple method for function minimization //The computer journal. – 1965. – V. 7. – №. 4. – p.308-313.
6. Цветков В.Я. Математические методы анализа в экономике. - М.: МАКС Пресс, 2001, - 56с.
7. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Комбинаторное решение транспортной задачи. Наука и технологии железных дорог. – 2018. – № 4 (8) том 2 – С. 3-10.
8. Номоконов И.Б., Цветков В.Я. Многоаспектность информативности. // Дистанционное и виртуальное обучение– 2015. - №12. - с.74-80.
9. Беллман Р., Дрейфус С., Прикладные задачи динамического программирования. «Наука», 1965.
10. Gomory R. E. An Algorithm for integer solutions to linear programs. Recent Advances Math. Programm. McGraw-Hill Book, 1963.
11. Gilmore P. C., Gomory R. E. Multi-Stage Cutting Stock Problems of two and more dimensions. Opns. Res., v. 13, No. 1, 1965.
12. Теплицкий Э. Д., Финкелыптейн Ю. Ю. Машинный эксперимент по решению задач целочисленного линейного программирования // Экономико-математические методы, т. IV, № 2. 1968.
13. Цветков, В.Я., Мордвинов В.А. Подход к систематизации алгоритмов // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 7, №4 (26). - С. 388-397.
14. Пятецкий-Шапиро А.Б. и др. Об одном интерактивном методе решения задач целочисленного программирования. Доклад АН СССР, т. 160, т. 169, № 6, 1966.
15. Волков Б.А., Коваленко Н.И., Добрин А.Ю., Коваленко А.Н. О методике планирования расходов на текущую эксплуатацию пути // Путь и путевое хозяйство, № 5, 2018, С. 23-26.
16. Волков Б.А., Коваленко Н.И., Добрин А.Ю., Коваленко А.Н. Сокращение затрат на текущую эксплуатацию пути в зависимости от классификации железнодорожных линий // Путь и путевое хозяйство, № 6, 2019, С. 15-19.

УДК: 656.51

ИЗДЕРЖКИ КОМБИНИРОВАННОГО ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ И ГРАФИКОВЫХ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

Замуховский А. В. к.т.н., доцент, Российский университет транспорта (МИИТ),
E-mail: miit.ppx@inbox.ru, Москва, Россия

Коваленко Н. И. д.т.н., профессор, Российский университет транспорта (МИИТ),
E-mail: kni50@mail.ru, Москва, Россия

Аннотация. Для железнодорожного транспорта РФ характерным является организация перевозок комбинированным способом, когда по одним и тем же рельсовым нитям осуществляется перемещение различных видов подвижного состава: грузовых, пассажирских, скоростных, высокоскоростных. Считается, что комбинированный способ является наиболее эффективным, позволяющим осуществлять рациональное заполнение графика движения поездов и получать максимальную прибыльность от перевозок. В статье дана оценка затрат при организации движения поездов с различным скоростным режимом при применении комбинированных способов организации перевозок. Выполненными расчетами потерь, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами, установлено, что величина потерь, при прочих равных условиях, зависит от массы грузовых поездов. Например, при увеличении массы поезда в два раза потери увеличиваются, примерно, в 2,8 раза.

Ключевые слова: Восточный полигон; комбинированный способ организации перевозок; график движения поездов; расчетный поездной интервал.

LOSSES IN THE ORGANIZATION OF COMBINED MOVEMENT OF FREIGHT AND REGULAR SPEED PASSENGER TRAINS

Zamehovsky A.V. P.h.d., Assoc.Professor, Russian University of Transport (MIIT),
E-mail: miit.ppx@inbox.ru, Moscow, Russia

Kovalenko N.I. DofSci.(Tech.), Professor, Russian University of Transport (MIIT),
E-mail: kni50@mail.ru, Moscow, Russia

Annotation. For the railway transport of the Russian Federation, the organization of transportation in a combined way is characteristic, when different types of rolling stock are moved along the same rail lines: freight, passenger, high-speed, high-speed. It is believed that the combined method is the most effective, allowing for rational filling of the train schedule and getting the maximum profitability from transportation. The article provides an estimate of the costs of organizing the movement of trains with different speed conditions when using combined methods of organizing transportation. Calculations of losses caused by delays of freight trains moving at a reduced speed in comparison with scheduled high-speed passenger trains have shown that the amount of losses, other things being equal, depends on the mass of freight trains. For example, when the train weight doubles, the losses increase by about 2.8 times.

Keywords: Восточный полигон; комбинированный способ организации перевозок; график движения поездов; расчетный поездной интервал

Введение.

Для железнодорожного транспорта Российской Федерации отличительной особенностью является организация перевозок комбинированным способом, когда по одним и тем же рельсовым нитям осуществляется перемещение различных видов подвижного состава: грузовых, пассажирских, скорых, скоростных, высокоскоростных. Характерным примером такой организации перевозок является магистраль Москва – Санкт Петербург, на которой организовано движение всех вышеперечисленных видов перевозок. Не является исключением в части организации перевозок и планируемый для развития перевозок Восточный полигон, на котором предусматривается увеличение объема перевозок до ста пар поездов в сутки, из которых до 20 процентов должны быть скоростные пассажирские поезда со скоростями движения до 200 км/час [1].

Принято считать, что такой комбинированный способ организации перевозок является наиболее эффективным, позволяющим осуществлять рациональное заполнение графика движения поездов и получать максимальную прибыльность от перевозок.

В данной статье предметом исследований является рассмотрение оценки затрат при движении поездов с различным скоростным режимом при применении комбинированных способов организации перевозок.

На основании исследований, например, [2, 3, 4] установлено, что потери в грузовом движении (D_{TVS}) при пропуске скоростных пассажирских поездов могут быть определены по зависимости (1):

$$D_{TVS} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{TVS} \times C_{PCH}}{L_{PU}}, \quad (1)$$

где, ΣP_{TVS} - потери поездо-часов грузовых поездов из-за пропуска графиковых скоростных пассажирских поездов;

C_{PCH} — стоимость 1 часа простоя грузовых поездов из-за пропуска графикового скоростного пассажирского поезда, руб./поездо-час;

L_{PU} — длина поездоучастка, км.

Поездоучасток – часть железнодорожной линии между техническими станциями (либо между тупиковой и технической станцией) с едиными весовыми нормами грузовых поездов, стабильными размерами движения и единым видом тяги [5].

На стадии предварительных расчетов в качестве рекомендуемых значений длины поездоучастков для условий Восточного полигона рассматриваются величины 100км, 200км, 300км и 400 км. Рекомендуемые значения 100 и 200км рассматриваются для сложных условий эксплуатации. Например, наличие перевальных участков, близкое расположение станций погрузки/выгрузки, изменение типов локомотивов и параметров энергоснабжения и других факторов. Длины поездоучастков 300 и 400км рассматриваются для типовых условий перевозочного процесса. Исследованиями [6, 7, 8] выявлено влияние различных параметров перевозочного процесса на величину затрат на перевозки.

На основании укрупненных расходных ставок, разработанных в АО «ИЭРТ» [9], определяемых на основе зависящих от объемов работы расходов ОАО «РЖД» по перевозочным видам деятельности, стоимость в 2019 году поездо-часа простоя грузового поезда на станции (в среднем по ОАО «РЖД») составляет 2 435,32 руб. (C_{PCH}).

Исследованиями [10, 11, 12] рассмотрены расчеты энергетических затрат при различных вариантах организации перевозок, различных особенностях движения поездов и различных конструкциях пути.

Суммарные потери (ΣP_{TVS}) поездо-часов грузовых поездов из-за пропуска графиковых скоростных пассажирских поездов могут быть определены по следующей зависимости (2):

$$\sum_{i=1}^n P_{TVS} = \frac{L_{PU} \times [(W_{PAS} - W_{RACH}) + (W_{PAS} - W_{GRUZ})]}{(J_{GRUZ} - J_{RAS})}, \quad (2)$$

где: $W_{PAS} = \frac{J_{PAS}}{V_{PAS}}$ - параметр для расчетов скоростных пассажирских поездов;

$W_{GRUZ} = \frac{J_{GRUZ}}{V_{GRUZ}}$ - параметр для расчетов грузовых поездов;

$W_{RAS} = \frac{J_{RAS}}{V_{RACH}}$ - параметр для определения расчетных значений движения поездов на

поездоучастке;

V_{GRUZ} — скорость следования грузовых поездов, км/час;

V_{PAS} — скорость следования графиковых скоростных пассажирских поездов, км/час;

V_{RACH} – расчетная скорость движения поездов на поездоучастке, км/час;

J_{RAS} — безопасный расчетный поездной интервал автоблокировки;

J_{GRUZ} – расчётный поездной интервал между грузовыми поездами (формула 4);

J_{PAS} – расчетный поездной интервал между скоростными пассажирскими поездами (формула 5);

$i=1 \dots n$ – количество рассматриваемых грузовых поездов на длине поездоучастка.

При известных величинах грузонапряженности (G_B), заданной массе грузового поезда вместе с массой локомотива ($Q_{POEVD} + P_{LOK}$) максимальное количество грузовых поездов ($N_{maxGRUZ}$), проходящих по участку в сутки может быть определено по формуле (3) и расчетный интервал между ними (J_{GRUZ}) может быть определен по формуле (4).

$$N_{maxGRUZ} = \frac{G_B \times 10^6}{365 \times (Q_{POEVD} + P_{LOK})}, \quad (3)$$

$$J_{GRUZ} = \frac{0.525 \times (Q_{POEVD} + P_{LOK})}{G_B}, \quad (4)$$

$$J_{PAS} = \frac{1440}{N_{maxPAS} \times 60}, \quad (5)$$

где N_{maxPAS} — размеры движения графиковых скоростных пассажирских поездов до организации движения грузовых поездов, пары поездов.

Результаты выполненных расчетов по определению затрат, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами при одинаковых размерах перевозок, равных сто пар/поездов в сутки (80 пар/поездов грузовых поездов и 20 пар/поездов скоростных пассажирских) и одинаковых заданных скоростях движения поездов (скоростных пассажирских 200 км/час и грузовых 90 км/час), приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты расчетов затрат, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами при грузонапряженности участков 180 млн. ткм брутто/км в год

№ п/п	Длина поезда-участка, (L_{pu}), км	Грузонапряженность линии (G_B), млн. ткм брутто/км в год	Масса поезда ($Q_{POEzd} + P_{LOK}$), т	Расчетный интервал скоростных пассажирских поездов (J_{PAS}), часы	Расчетный интервал грузовых поездов (J_{GRUZ}), часы	Потери в грузовом движении (ΣP_{TVS}), поездо-часы в сутки	Потери в грузовом движении (D_{TVS}), тысяч рублей в год
1	400	180	6150	1,2	0,3	523	1 163
2	300	180	6150	1,2	0,3	392	1 163
3	200	180	6150	1,2	0,3	262	1 163
4	100	180	6150	1,2	0,3	131	1 163

При грузонапряженности линий 140 млн. ткм брутто/км в год в таблице 2 приведены аналогичные результаты расчетов по определению затрат, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами при одинаковых размерах перевозок, равных сто пар/поездов в сутки (80 пар/поездов грузовых поездов и 20 пар/поездов скоростных пассажирских) и одинаковых заданных скоростях движения поездов (скоростных пассажирских 200 км/час и грузовых 90 км/час).

Таблица 2.

Результаты расчетов затрат, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами при грузонапряженности участков 140 млн. ткм брутто/км в год

№ п/п	Длина поезда-участка, (L_{pu}), км	Грузонапряженность линии (G_B), млн. ткм брутто/км в год	Масса поезда ($Q_{POEzd} + P_{LOK}$), т	Расчетный интервал скоростных пассажирских поездов (J_{PAS}), часы	Расчетный интервал грузовых поездов (J_{GRUZ}), часы	Потери в грузовом движении (ΣP_{TVS}), поездо-часы в сутки	Потери в грузовом движении (D_{TVS}), тысяч рублей в год
1	400	140	4650	1,2	0,3	319	708
2	300	140	4650	1,2	0,3	239	708
3	200	140	4650	1,2	0,3	159	708
4	100	140	4650	1,2	0,3	80	708

Таблица 3.

Результаты расчетов затрат, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами при грузонапряженности участков 100 млн. ткм брутто/км в год и аналогичных параметрах перевозочного процесса, что и для участков, имеющих грузонапряженности 180 и 140 млн. ткм брутто/км в год

№ п/п	Длина поездо-участка, ($L_{пу}$), км	Грузонапряженность линии (G_B), млн. ткм брутто/км в год	Масса поезда ($Q_{ПОЕЗД} + P_{ЛОК}$), т	Расчетный интервал скоростных пассажирских поездов (J_{PAS}), часы	Расчетный интервал грузовых поездов (J_{GRUZ}), часы	Потери в грузовом движении (ΣP_{TVS}), поездо-часы в сутки	Потери в грузовом движении (D_{TVS}), тысяч рублей в год
1	400	100	3300	1,2	0,3	185	411
2	300	100	3300	1,2	0,3	139	411
3	200	100	3300	1,2	0,3	93	411
4	100	100	3300	1,2	0,3	46	411

По результатам выполненных расчетов на рисунке 1 представлен график потерь (D_{TVS} , тысяч руб.), вызванных задержками грузовых поездов, которые увеличиваются с ростом массы грузовых поездов ($Q_{ПОЕЗД} + P_{ЛОК}$, тысяч т).

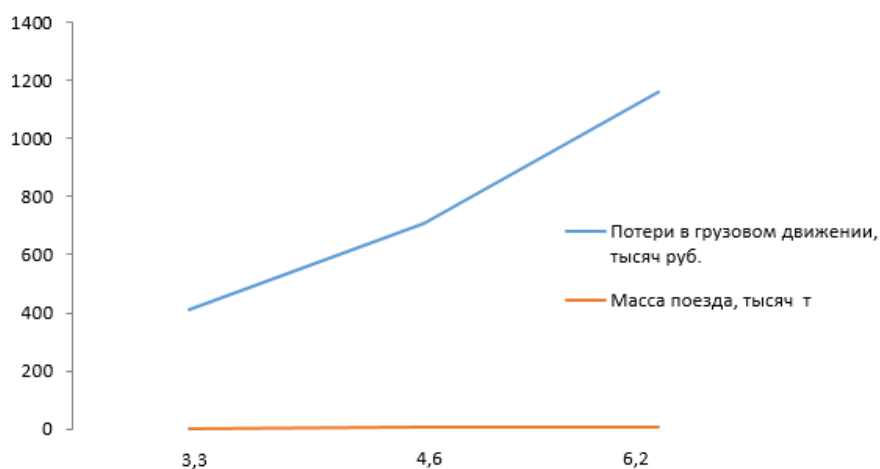


Рисунок 1. Результаты расчетов затрат, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами при различной массе грузовых поездов

Выводы:

Выполненными расчетами потерь, вызванных задержками грузовых поездов, движущихся с уменьшенной скоростью в сравнении с графиковыми скоростными пассажирскими поездами, установлено, что величина потерь, при прочих равных условиях, зависит от массы грузовых поездов. Например, при увеличении массы поезда, примерно, в два раза потери увеличиваются, примерно, в 2,8 раза. К прочим равным условиям относятся скорости движения поездов (скоростных пассажирских 200 км/час и грузовых 90 км/час), количество пар поездов в сутки (80 пар/поездов грузовых поездов и 20 пар/поездов скоростных пассажирских).

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008г. № 1734-р «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года» (в ред. распоряжения Правительства РФ от 11.06.2014 № 1032-р).
2. Кондаков Н.П., Шульга В.Я., Лященко В.Н. Проектирование организации и планирование путевого хозяйства. М: Транспорт, 1974. - 200с.
3. Шульга В.Я. Как определять потери из-за задержки поездов // Путь и путевое хозяйство, 1973, № 7, С. 25-27.
4. Тихонов К.К. Техничко-экономические расчеты в эксплуатации железных дорог. М.: Трансжелдориздат, 1962. 252с.
5. Методика классификации железнодорожных линий ОАО «РЖД», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 04.03.2015г. № 551.
6. Коваленко Н.И., Замуховский А.В., Коваленко А.Н. Организация технического обслуживания пути на ВСМ-2 // Мир транспорта – 2017. - № 6. - С. 132÷139.
7. Сычев В.П., Виноградов В.В., Быков Ю.А., Коваленко Н.И. Об автоматизированной технологии текущего содержания железнодорожного пути // Вестник МГСУ. №3. 2016. – С. 84-93.
8. Виноградов В.В., Быков Ю.А., Коваленко Н.И. Определение мест армирования железобетонной плиты безбалластного пути // Мир транспорта. №2. 2016 – С. 59 – 66.
9. Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта» (АО «ИЭРТ»): Сопровождение реализации развития железнодорожной инфраструктуры ОАО «РЖД» в Центральном транспортном узле на период до 2030г. с оценкой технико-экономической целесообразности, социально экономической эффективности (II этап), Москва 2019. - 386 с.
10. Коваленко Н.И. Энергетические затраты при ограничении скорости поездов // Мир транспорта. 2011. № 5. С. 80 – 82.
11. Атякин Д.И., Коваленко Н.И. Сквозные «окна» как ресурс ремонта// Мир транспорта. 2011. № 5. С. 120 -123.
12. Гринь Е.Н., Коваленко Н.И. Факторный анализ оценки состояния пути // Путь и путевое хозяйство. 2013. № 1. С. 22-23.