

ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАТАЛОГА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Савушкин С.А.

*Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН,
12-я линия ВО, д.13, Санкт-Петербург, Россия*

ssavushkin@mail.ru

Аннотация: Предлагается подход к построению модели цифрового интеллектуального каталога транспортных услуг на основе теории формальных языков. Взаимодействие системы с клиентом описывается правилами формального перевода, в котором входным языком является язык клиента, а выходным – язык логистических схем исполнения услуг.

Ключевые слова: транспорт, управление, формализация, язык, структура, каталог, услуга, качество, программный комплекс.

Введение

Под моделью каталога понимается структура информационных компонент и порядок взаимодействия с клиентом. До настоящего времени под каталогом понимался перечень простых, хорошо сформулированных и однозначно понимаемых услуг. Процесс составления из них сложной услуги, требуемой клиенту, полностью возлагался на него. В соответствии с принципом клиентоориентированности, компания не только исполняет услуги из перечня, но и формирует сложные услуги из простых в соответствии с потребностями клиента [1-3]. Концепция интеллектуального цифрового каталога транспортных услуг изложена в [4,5]. Возможные стратегии развития каталога крупномасштабной корпорации рассмотрены в [6], элементы формализации каталога – в [7], модели исполнения набора услуг, поступивших от разных заказчиков – в [8]. Интуитивно ясно, что множество потребностей клиентов является потенциально бесконечным. Значит, описать это множество простым их перечислением оказывается уже невозможно. Для такого описания существуют соответствующие математические инструменты. Например, одним из инструментов задания бесконечных множеств конечным числом формул является грамматика Хомского. Для описания формальных языков и переводов используется важный частный случай данного математического понятия - контекстно-свободные (КС) грамматики и их практический аналог – формулы Бэкуса-Наура (БНФ). Эти понятия, а также, вопросы вывода в грамматике и построения синтаксических деревьев исследованы и изложены в литературе (см., например, [9]).

1 Языки каталога

Применение формальных языков связано с началом развития и использования вычислительной техники. Компьютер способен выполнять определенные команды и выстроенные определенным образом из команд программы. Все это вместе взятое понимается как язык компьютера. Аналогично, транспортная компания может исполнять определенный набор базовых услуг и выстраивать из простых услуг более сложные. Все это вместе взятое логично было бы понимать, как язык транспортной компании. Первые программисты вынуждены были изучать язык процессора, т.к. не было другого способа сообщить компьютеру о требуемых действиях. Аналогично, транспортная компания предпочитает общаться с клиентом на своем языке предложениями вида «У нас есть.... Выберите.». Клиент же предпочел бы излагать свои требования на своем языке предложениями вида «Мне нужно...». Сложившаяся практика такова, что после ряда итераций клиент излагает свои требования на языке компании. Развитие вычислительной техники привело к созданию машинно-независимых, в том числе, проблемно-ориентированных языков, изобразительные средства которых в большей степени соответствуют решаемым проблемам, чем техническим особенностям устройства компьютера. Аналогично этому, современный каталог услуг в соответствующей сфере призван предоставить клиенту возможности излагать свои требования к услуге на привычном языке, не вникая в подробности, связанные с предоставлением и исполнением услуг компанией. Поставим задачу создания каталога услуг следующим образом.

- 1) Создать инструмент (формальный язык) клиента для описания его потребностей в транспортных услугах.
- 2) Создать инструмент (формальный язык) исполнителя – язык логистических схем, в состав которого входят описания базовых услуг и описания технологических операций, исполняемых подразделениями компании, а также способы соединения услуг для получения комплексных услуг.

3) Создать систему перевода с языка п.1) на язык п.2).

Практически, задачами интеллектуального каталога в этом случае являются хранение информации о языке 1), языке 2) и правилах перевода (информационная компонента) и осуществление перевода с языка 1) на язык 2) (программная компонента). Исследования показали, что еще одним элементом информационной компоненты является база данных, в которой хранится определенная часть общезначимой информации о сфере деятельности компании.

Язык клиента. Синтаксис фрагмента формального языка описания возможных запросов клиента определим посредством КС-грамматики и опишем с помощью БНФ. Предложенный в [3] принцип «идеальной услуги» реализуется в данном подходе таким образом, что понятие «идеальная услуга» соответствует понятию «начальный символ грамматики». Запрос на услугу перевозки груза уровня 4PL [10] может иметь следующую структуру:

<услуга перевозки> → <описание перевозки>, <дополнительная информация>

Здесь и далее метaperменные берутся в угловые скобки и записываются жирным курсивом. В разделе *<описание перевозки>* клиент описывает свои требования, ставит задачу что, откуда и куда нужно перевезти. В разделе *<дополнительная информация>* клиент сообщает исполнителю некоторые, известные ему особенности реализации перевозки, например, такие как, сведения о мерах по сохранности груза, гарантиях, порядке оплаты и другие сведения о требуемых дополнительных и сопутствующих услугах. Дополнительная информация может не сообщаться, особенности реализации услуги могут быть выявлены исполнителем перед или в ходе реализации услуги.

*<описание перевозки> → <описание пути следования>, <описание грузов>, <сроки>,
<описание пути следования > → <пункт отправления>, <пункт назначения>
<пункт отправления> → <узел>, <расположение>, <доступ>
<пункт назначения> → <узел>, <расположение>, <доступ>
<узел> → <название> | <адрес>*

При описании правил вывода мы опускаем ключевые слова – терминалы, которые повторяют название вышестоящего нетерминального символа, т.е. вместо записи

<пункт назначения> → Пункт назначения <узел>, <расположение>, <доступ>

будем писать

<пункт назначения> → <узел>, <расположение>, <доступ>

В качестве элемента *<адрес>* - клиент может указать адрес дома или квартиры в городской или сельской местности, адрес земельного участка. Также, при соответствующем уровне развития логистики, может быть предоставлена возможность клиенту задавать географические координаты пунктов.

<расположение> → <склад> | <помещение> | <площадка> | <транспортное средство>

Предполагается, что хранение груза на складе или площадке до начала погрузки или после выгрузки, а также доставка груза к месту погрузки другим транспортным средством или подача транспортного средства должны осуществляться грузоотправителем без участия компании.

<доступ> → <свободный> | <затрудненный>, <ширина прохода/проезда> | <нужны специальные работы для доступа> | <нужна специальная технология доступа>

Понятие «свободный доступ» должно быть прокомментировано при описании языка или в процессе его использования. Оно может означать, что <ширина прохода/проезда> от дороги общего пользования до груза превышает некоторое значение, например 20м. В случае затрудненного доступа необходимо указать значение показателя <ширина прохода/проезда>. Если подходы к грузу завалены мелким мусором, нужны специальные работы для их освобождения. Если подходы заняты крупногабаритным мусором или материально ценными предметами или груз нужно извлечь из труднодоступного места, нужны специальные технологии доступа.

*<описание грузов> → <описание груза> | <описание груза>, <описание грузов>
<описание груза> → <название груза>, <тип груза>, <объем>, <стоимость>
<тип груза> → <обычный> | <класс груза> | <нужны специальные технологии>*

Под «обычным» грузом понимается груз, включенный в принятую в компании номенклатуру грузов. В этом случае в качестве название указывается соответствующее название из номенклатуры. В противном случае, клиент указывает произвольное название и в качестве типа указывается либо *<класс груза>* в соответствии с принятой классификацией или «нужны специальные технологии» (вопросы классификации грузов и др. рассмотрены автором более подробно в [11]). Разработка специальных технологий доступа, погрузки, транспортировки потребует дополнительных финансовых затрат и может занять определенное время.

<объем> → *<количество>*, *<вес неделимой единицы>*, *<общий вес>*, *<габариты неделимой единицы>*, *<упаковка>*

<количество> → *<число>* | *<пусто>*

<общий вес> → *<число>*, *<единица измерения>* | *<пусто>*

<вес неделимой единицы> → *<число>*, *<единица измерения>* | *<пусто>*

<габариты неделимой единицы> → *<три числа>*, *<единица измерения>* | *<пусто>*

В зависимости от вида груза некоторые показатели могут отсутствовать. По величине объема можно сделать вывод о том идет ли речь о мелкой вагонной или контейнерной отправке или крупной - одним или несколькими поездами.

<упаковка> → *<не упакован>*, *<допуск>* | *<упакован не пакетирован>*, *<допуск>*, *<вид тары>* / *<пакетирован>*

<вид тары> → *<деревянная (ящики)>* | *<из гофрированного картона>* | *<из коробчатого картона, бумаги, комбинированных материалов, мешки>* | *<мешки бумажные >*

Раздел *<упаковка>* может содержать информацию о том, упакован ли груз, в какую тару и, если нет, то нужно ли это сделать, допускается ли пакетирование.

<сроки> → *<сроки отправки>*, *<сроки доставки>*, *<периодичность>*

При периодической перевозке может быть определены параметры первой партии и сроки согласования параметров последующих партий.

Процедура обработки формальных языков, как правило, начинается с этапа синтаксического анализа. Приведенные формулы определяют объем понятия *<услуга перевозки>*, но не способ описания конкретной услуги. Конкретная информация об услуге может запрашиваться у клиента в ходе диалога или в виде заполнения некоторой таблицы. Программное обеспечение автоматизированного каталога услуг должно на основе информации о языке готовить входные формы (например, табличные) для ввода описания услуги клиентом.

Диалоговая или табличная формы ввода информации автоматически исключают возможность синтаксической ошибки. Лексические ошибки легко обнаруживаются и устраняются. Далее, этапы семантического контроля и семантических вычислений осуществляют перевод на язык исполнителя услуги.

Язык исполнителя услуг. В соответствии с полученной от клиента информацией, проводятся действия, которые представлены в виде логистической схемы, элементами которой являются каталогизированные базовые услуги.

Определим язык, элементами которого являются логистические схемы. Для описания формального языка необходимо построить алфавит языка. В случае логистических схем это функциональный базис простейших услуг (внешних и внутренних), из которых будут конструироваться комплексные услуги. Также нужно определить способы конструирования. Простейшими элементами логистической схемы грузоперевозок могут служить операции:

- упаковка — пакетирование;
- затаривания — растаривания — перетаривания;
- погрузки — выгрузки — перегрузки;
- размещение — закрепление;
- перемещения одним из видов транспорта;
- запланированное ожидание на площадках временного хранения;
- хранение на складе.

Синтаксис фрагмента формального языка логистических схем опишем с помощью БНФ.

<логистическая схема>→<услуга> | <услуга>, <логистическая схема> | <стандартная схема>

Могут быть использованы стандартные шаблоны логистических схем, настраиваемые, в том числе, на пункты отправления и назначения, а также жесткие логистические схемы перевозок между известными пунктами. Таких схем может быть достаточно много, и они могут накапливаться в процессе использования каталога. Например,

<стандартная схема>→ <упаковка>, <пакетирование>, <автомобиль>, <хранение>, <поезд>, <хранение>, <автомобиль>

<автомобиль>→ <погрузка>, <перемещение>, <выгрузка> | <пусто>

<поезд>→ <погрузка>, <перемещение>, <выгрузка> | <пусто>

<услуга>→ <базовая услуга> | <логистическая схема>

<базовая услуга>→ <пакетирование > | <погрузка> | <выгрузка> | <хранение> | <перемещение>

В данном фрагменте языка считаем эти услуги базовыми, т.е. не будем детализировать порядок их исполнения, считая, что в компании соответствующие технологии и исполнительные структуры имеются (возможно, с использованием аутсорсинга). Опишем базовые услуги.

<пакетирование >→<расположение>, < узел>, <вид тары>, <единиц в пакете>, <всего единиц>, <общий вес>

Количество единиц в пакете может быть оценено, исходя из общего веса груза и оптимальной грузоподъемности погрузочной техники. Остальные параметры содержатся в запросе клиента.

<погрузка>→<предмет>, <единиц>, <общий вес>, <транспортное средство>, <узел>, <расположение>, <технология погрузки>, <способ крепления и размещения>

<предмет>→<груз> | <пакет> | <контейнер>

<транспортное средство>→<вид подвижного состава> | <автомобиль> | <контейнер>

<технология погрузки>→<погрузчиком> | <ручная> | <краном>

Последнее правило (как и некоторые другие) может быть расширено. Описываемые шаги исполнения услуг могут декомпозироваться на более мелкие операции, большинство из которых являются внутренними услугами. Дальнейшая детализация классификации услуг связана с многообразием технологий реализации соответствующих операций и применяемых технических средств. Например, возникновение новой технологии автоматически приводит к возникновению новой услуги. Правила, связанные с новой услугой должны быть добавлено к имеющемуся набору.

<хранение>→<узел>, <объем>, <время>

<перемещение>→<технология перемещения>, <узел>, <узел>

<технология перемещения>→<перемещение по железной дороге> | <перемещение автомобилем> | <курьерская доставка> | <перемещение водным транспортом> | <перемещение воздушным транспортом>

<перемещение по железной дороге>→ <вид отправки>, <транспортное средство>

<вид отправки>→<мелкая> | <вагонная> | <групповая>

<перемещение автомобилем>→<транспортное средство>, <общий вес>

<вид подвижного состава>→<4-осная цистерна> | <4-осный цельнометаллический полувагон с глухими торцовыми стенами> | <4-осный крытый вагон> | <4-осная платформа для перевозки лесоматериалов с 16-ю стойками>

<способ крепления и размещения>→<штабель> | <навал>

Здесь мы рассматриваем перемещение подвижного железнодорожного состава, автомобилей, других транспортных средств как неделимую услугу. Однако, можно считать ее и многошаговым процессом, включающим перемещение вагона между железнодорожными станциями, ожидания отправок, сортировку, подготовку и перемещение к месту погрузки, а также перемещение порожнего транспортного средства после выгрузки к месту, указанному собственником транспортного средства. Если груз небольшой, то перемещение может включать операции затаривания, растаривания, перетаривания. Если каталог достаточно детализирован, то его клиентом может быть, например,

оператор вагонного парка, которому необходимо выполнить на сети определенные операции с вагонами:

2 База данных

Как было сказано выше, более детальная информация по предприятиям, транспортным сетям и узлам, грузам и видам техники должна храниться отдельно от информации о языках. Будем считать, что эта информация содержится в специальной базе данных. Можно сказать, что язык клиента служит для описания его целей, язык исполнителя – для описания шагов, необходимых для достижения целей, а база данных содержит описания среды функционирования и доступных инструментов. База данных реляционного типа представляет собой иерархию таблиц, состоит из нескольких разделов. Формат таблиц для описания объектов зададим посредством регуляризованных БНФ (фигурные скобки означают многократное повторение конструкций, находящихся внутри):

<база данных> → {<технология>, {<исполнитель>}, {<груз>}, <сеть>}

База данных должна содержать описания доступных технологий перевозочного процесса. Некоторые форматы соответствующих таблиц приведены ниже.

<технология> → {<описание технологии> . {<название исполнителя>}}

<описание технологии> → {<технология погрузки> | <технология выгрузки> | <технология хранения> | <технология перемещения>}

<технология погрузки> → {<название>, <доступ к грузу>, <транспортное средство>, <погрузочная техника>, <способ крепления и размещения>}

<погрузочная техника> → {<погрузчик> | <кран>}

<погрузчик> → {<номер>, <марка>, <характеристики>, <состояние>}

<технология перемещения> → {<перемещение по железной дороге> | <перемещение автомобилем> | <перемещение другим транспортом>}

<перемещение по железной дороге> → {<вид отправки> <вид подвижного состава>}

<вид отправки> → {<мелкая> | <вагонная> | <групповая>}

<вид подвижного состава> → {<4-осная цистерна> | <4-осный цельнометаллический полувагон с глухими торцовыми стенами> | <4-осный крытый вагон> | <4-осная платформа для перевозки лесоматериалов с 16-ю стойками>}

<4-осная цистерна> → {<номер>, <марка>, <характеристики>, <состояние>}

<перемещение автомобилем> → {<марка автомобиля> <способ крепления и размещения>}

Работа семантических функций должна завершиться определением исполнителя, способного оказать данную услугу, имеющего обязанности и обладающего соответствующими возможностями, в том числе и по территориальному расположению. Интерфейсы для транзакций заказа в другие исполнительные модули организуются посредством данной информации.

<исполнитель> → {<узел> | <компания>}

<узел> → {<железнодорожный узел> | <автотранспортный узел>}

<железнодорожный узел> → {<название>, <реквизиты>, <местоположение на железнодорожной сети>, <точки расположения груза>, <время ожидания в узле>}

<автотранспортный узел> → {<название>, <реквизиты>, <местоположение на транспортной сети>, <точки расположения груза>, <время ожидания в узле>}

<компания> → {<название>, <реквизиты>, {<узел>}}

Вся совокупность товаров, которые с началом процесса транспортировки становятся грузами, может быть классифицирована по множеству признаков: природному происхождению, физическому состоянию, отраслям и т.д. Под транспортной классификацией грузов понимают упорядочение совокупности грузов по какому-либо признаку, определяющему особенности транспортного процесса. Перевозимые грузы различаются по физическому состоянию, приспособленности к выполнению погрузочно-разгрузочных работ, по обобщающим физико-механическим и химическим свойствам, сохранности при перевозке. Естественной является классификация по агрегатному состоянию груза: твердое, жидкое, газообразное состояние. Далее грузы делятся по характеру

погрузочно-разгрузочных работ на следующие классы: навалочные, тарно-штучные, пакетированные и контейнерные, наливные и газообразные, негабаритные грузы и т.д..

$\langle \text{груз} \rangle \rightarrow \langle \text{название груза} \rangle, \langle \text{класс груза} \rangle, \{ \langle \text{технология перемещения} \rangle \}, \{ \langle \text{технология погрузки} \rangle \}, \{ \langle \text{технология выгрузки} \rangle \}$

$\langle \text{класс груза} \rangle \rightarrow \langle \text{название класса} \rangle, \langle \text{класс груза} \rangle, \{ \langle \text{технология перемещения} \rangle \}, \{ \langle \text{технология погрузки} \rangle \}, \{ \langle \text{технология выгрузки} \rangle \}$

Транспортная сеть представляет собой неориентированный граф. Он описывается как совокупность узлов и ребер. Транспортные узлы описаны в разделе $\langle \text{исполнители} \rangle$. Ребра описывают транспортные пути и характеризуются набором показателей, некоторые из которых приведены ниже.

$\langle \text{сеть} \rangle \rightarrow \{ \langle \text{узел} \rangle \}, \{ \langle \text{ребро} \rangle \}$

$\langle \text{ребро} \rangle \rightarrow \langle \text{узел} \rangle, \langle \text{узел} \rangle, \{ \langle \text{направление} \rangle \}, \langle \text{вид транспорта} \rangle, \langle \text{пропускная способность} \rangle, \langle \text{время прохождения} \rangle, \langle \text{стоимость} \rangle \}$

$\langle \text{направление} \rangle \rightarrow \langle \text{прямое} \rangle / \langle \text{обратное} \rangle$

$\langle \text{вид транспорта} \rangle \rightarrow \langle \text{поезд} \rangle / \langle \text{автомобиль} \rangle / \langle \text{курьерская доставка} \rangle / \langle \text{водным транспорт} \rangle / \langle \text{воздушный транспорт} \rangle$

3 Перевод

Результатом перевода является логистическая схема перевозки. В статье рассматриваются типовые услуги, для которых разработка логистических схем может быть автоматизирована. В сложных нетиповых случаях сама разработка логистической схемы может являться услугой.

Разработка логистической схемы движения груза или других физических операций сопровождается разработкой схемы документального и информационного сопровождения этих операций. Документальное сопровождение включает подготовку транспортной документации на все предусмотренные схемой операции. Информационное сопровождение предполагает диспетчерский контроль перемещения вагонов, контейнеров, грузов, и предоставление клиентам соответствующей информации.

Процедура перевода, включает этапы семантического контроля и семантических вычислений, которые выявляют смысловые противоречия во введенных данных и вычисляют конструкции выходного языка, в частности, планирование маршрута движения и всех вспомогательных операций. Для формального описания перевода в теории языков программирования используется, например, функциональный подход, заключающийся в определении семантических функций над синтаксическими и семантическими доменами (см., например, [12]). Системы перевода между формальными языками хорошо развиты в соответствующих теориях (см., например, [12,13]).

В ходе разработки маршрута (последовательности шагов логистической схемы) производится их настройка. Осуществляется выбор: способа упаковки и пакетирования, типа автомобиля, способов погрузки и выгрузки, вариантов хранения, вида подвижного состава, вида отправки, схем размещения и крепления. Настройки производятся посредством семантических отношений, которые, в частности, могут сводиться к совпадению конструкций во входном, выходном деревьях и в базе данных (например, названий) или могут быть заданы функциями. Семантические функции предписывают использовать в выходном дереве определенные конструкции в зависимости от входных конструкций. Функции могут задаваться набором правил.

Правила имеют вид: $\langle \text{условие} \Rightarrow \text{действие} \rangle$. Условие представляет собой логическое выражение из простых условий, соединенных логическими связками «и», «или», «не». Простые условия имеют вид $\langle \text{переменная операция значение} \rangle$. Перевод является многошаговым вычислительным процессом. Из входной информации извлекаются сведения, которые сохраняются в промежуточных переменных и используются в последующих вычислениях. Одной из таких переменных является, например, $\langle \text{классы_груза} \rangle$. В качестве переменной и значения могут использоваться метапеременные. В качестве операций могут использоваться общепринятые операции сравнения, принадлежности множеству, а также операция $\langle \rightarrow \rangle$ - возможность грамматического вывода за один шаг, $\langle \rightarrow \rightarrow \rangle$ - возможность грамматического вывода за несколько шагов. В более сложных случаях могут быть подготовлены специальные функции, производящие требуемые вычисления. Промежуточные переменные, текстовые константы и функции будем записывать курсивом с применением символа $\langle _ \rangle$ вместо пробела. Например:

мало_времени(*<описание перевозки>*) ⇒ запрет («Заявке не может быть выполнена в такие сроки»)

Функция *мало_времени*() производит проверку возможности исполнения услуги перевозки при заданных пунктах отправления и назначения и сроках выполнения услуги. Она может быть реализована, как функция базового языка программирования или посредством набора правил. Библиотека функций должна быть доступна программисту для пополнения и изменений.

Если дерево содержит несколько одинаковых метапеременных, то для идентификации они снабжаются индексами. Например, при использовании стандартной схемы для комплексной услуги перевозки «от двери до двери» она может состоять из шагов:

<упаковка>, *<пакетирование>*, *<автомобиль>-1*, *<хранение>-1*, *<поезд>*, *<хранение>-2*, *<автомобиль>-2*, и правила могут выглядеть следующим образом:

<услуга перевозки> → *<упаковка>* → *<упакован>* или *массовый ∈ классы_груза*) и *<стандартная схема>* → *<упаковка>* ⇒ *<упаковка>* → *<нуто>*

<услуга перевозки> → *<пункт отправления>* → *<узел>* → *<название>* и *<база данных>* → *<железнодорожный узел>* → *<название>* и *<стандартная схема>* → *<упаковка>*, *<пакетирование>*, *<автомобиль>-1* ⇒ *<автомобиль>-1* → *<нуто>*,

Правило здесь используется для удаления шага. Далее, рассмотрим правила, которые осуществляют привязку определенных позиций каждого шага и компонент услуги к наименованию, свойству груза и другим параметрам запроса.

Классификации грузов. Выбор железнодорожного подвижного состава, автомобилей для перевозки, технологий погрузки и выгрузки и других свойств базовых услуг происходит на основе сопоставления свойств грузов или отнесения грузов к определенным классам [11].

Классификационное дерево может быть представлено в табличной форме или в виде правил. Одна из семантических функций по наименованию груза вычисляет все множество классов, к которым данный груз относится. Функция может содержать следующие правила:

<услуга перевозки> → *<название груза>* и *<база данных>* → *<название груза>*, *<название класса>* ⇒ *классы_груза* ← *<название класса>*

Операция «←» означает «добавить». Другим примером промежуточной переменной является «*количество_наименований_грузов*». Правило для нее может выглядеть следующим образом:

<описание грузов> → *<описание груза>* *<описание грузов>* ⇒ *количество_наименований_грузов* = *несколько*; *количество_наименований_грузов* = *одно*.

Выбор способов железнодорожной отправки. Способы доставки регламентируются правилами приема грузов к перевозке железнодорожным транспортом. Вид отправки зависит от веса и размеров груза, а также от грузоподъемности и габаритным размерам выбранных вагонов или контейнеров [11].

Процесс выбора способов отправки может включать неформализованные фрагменты, которые предполагают присутствие человека – представителя исполнителя услуги, и формализованные, которые могут быть записаны в виде правил, например:

<услуга перевозки> → *<общий вес>* и $20\text{кг} \leq \text{общий вес} \leq 20\text{т}$ ⇒ *<вид отправки>* → *<мелкая>*

<услуга перевозки> → *<общий вес>* и $20\text{т} \leq \text{общий вес} \leq 60\text{т}$. ⇒ *<вид отправки>* → *<вагонная>*

количество_наименований_грузов = *несколько* ⇒ *<вид отправки>* → *<сборная>*

Выбор подвижного состава. Тип грузового вагона при железнодорожных перевозках зависит в основном от наименования груза, а также от его отнесения к классам [11].

Предполагается, что объем перевозки является достаточно большим. При малых объемах груз любого наименования должен быть упакован и, следовательно, превращается в тарно-штучный. Семантическая функция, осуществляющая выбор, может содержать следующие правила:

<название груза> = *Бензин* ⇒ *<вид подвижного состава>* → *<4-осная цистерна>*

светлые_нефтепродукты ∈ классы_груза ⇒ *<вид подвижного состава>* → *<4-осная цистерна>*

массовые и не агрессивные и не требующие_защиты_от_атмосферных_осадков и (*насыпные или непылевидные или навалочные или штабельные или штучные*) ∈ *классы_груза* ⇒ *<вид*

подвижного состава → *4-осный цельнометаллический полувагон с глухими торцовыми стенами*

штучные или зерновые или требующие защиты от атмосферных осадков ∈ *классы груза* ⇒ *<вид подвижного состава>* → *4-осный крытый вагон*

лесоматериалы или (машины на колесном ходу и габаритные) и не требующие защиты от атмосферных осадков ∈ *классы груза* ⇒ *<вид подвижного состава>* → *4-осная платформа для перевозки лесоматериалов с 16-ю стойками*

Необходимо отметить, что классификации грузов могут использовать различные термины для определения сходных понятий и наоборот. Например, термин «неагрессивные», используемый в одном из правил, возможно, соответствует отсутствию физико-химического свойства «коррозионная агрессивность» или понимается более широко. На начальном этапе разработки предполагаются неформальные разъяснения и частичная автоматизация при обработке терминов. В частности, требуется разъяснение для оборота «другие грузы». Сложные словестные обороты, например, «Массовые неагрессивные грузы, не требующих защиты от атмосферных осадков: насыпные, непылевидные, навалочные, штабельные, штучные» на начальном этапе автоматизации могут требовать при обработке присутствия эксперта. На последующих этапах данная запись может быть явно или неявно формализована методами математической логики.

Выбор схем размещения и крепления грузов. Наиболее простые схемы могут быть формализованы в виде правил.

сыпучие ∈ *классы груза* и *<упаковка>* → *неупакован* ⇒ *<способ крепления и размещения>* → *навал*

тарно-штучный *классы груза* и *<технологии погрузки>* → *штабелирование* ⇒ *<способ крепления и размещения>* → *штабель*

Более сложные схемы на начальном этапе разработки будут приведены неформально в текстовом формате и их обработка будет требовать присутствия эксперта [11]. Необходимо предусмотреть возможности углубления автоматизации на последующих этапах посредством формализации записей и разработки соответствующих алгоритмов. Нетиповые схемы размещения и крепления грузов разрабатываются специально для конкретной перевозки и разработка может занимать значительное время. В этом случае клиенту необходимо предоставить ссылку на соответствующего разработчика. Нетиповые схемы по мере их разработки могут также накапливаться в правилах каталога.

Выбор тары и упаковки зависит в основном от наименования груза, а также от его классификаций. Семантическая функция, осуществляющая выбор, может содержать следующие правила:

легкой, рыбной, пищевой, химической, электротехнической, автомобильной промышленности ∈ *классы груза* ⇒ *<вид тары>* → *деревянная (ящики)*

радиоэлектронной аппаратуры бытового назначения, изделий электроники, продукции приборостроительной промышленности ∈ *классы груза* ⇒ *<вид тары>* → *из гофрированного картона*

пищевых продуктов, кондитерских изделий, мясной и молочной продукции, лекарств ∈ *классы груза* ⇒ *<вид тары>* → *из гофрированного картона*

промышленной продукции ∈ *классы груза* ⇒ *<вид тары>* → *из коробчатого картона, бумаги, комбинированных материалов, мешки*

сыпучей и штучной продукции ∈ *классы груза* ⇒ *<вид тары>* → *мешки бумажные*

Считается, что при наличии многократных перевалок в основном выгоден перевозчикам, особенно, и получателям продукции переход на пакетную доставку грузов, которая без дополнительных капитальных вложений позволяет снизить издержки.

Выбор маршрута. Маршрут должен проходить через пункты, которые осуществляют требуемые клиенту операции. Каждая железнодорожная станция имеет определенный набор функционала, который обозначается как параграф. Станция имеет некоторый перечень открытых параграфов. Открытый параграф означает, что указанные в нем функции осуществляются на станции. Существует также полный справочник железнодорожных станций, содержащий параграфы [11].

Для планирования последовательности вычислений в теории программирования используются механизмы предусловий и постусловий [12,13]. Для их описания и обработки применяется аппарат логики предикатов. Метод может быть полезен, в том числе, на ранних стадиях автоматизации для ускорения процесса и контроля планов, составленных обычными методами. Планирование последовательности действий также может быть основано на описаниях состояний посредством логики предикатов. На этом основаны языки описания действий [14].

Входной информацией для разработки маршрута является транспортная сеть, входное и выходное состояния груза. Переменная *состояние_перевозки* может включать в себя, в частности, такие параметры, как: *местоположение(узел, расположение)*, *упаковка(упакован, вид тары, пакетирован)*, *объем(количество, вес неделимой единицы)*, *выходные(потраченное_ время, стоимость, сохранность)* и т.д.

Базовые услуги после их применения меняют состояние перевозки, например, услуга *<перемещение>* → *<транспортное средство>*, *<общий вес>*, *<узел>-1*, *<узел>-2* может применяться в состояниях с параметром *<общий вес>*, соответствующим значению аналогичных параметров в переменной состояния, транспортное средство и груз находятся в пункте *<узел>-1*. После исполнения услуги местоположение транспортного средства и груза меняется на *<узел>-2*.

Услуга *<пакетирование>* → *<расположение>* *<узел>* *<вид тары>* *<способ пакетирования>* *<количество единиц>* может применяться в состояниях с параметром *пакетирован=нет*, значения параметров *расположение, узел, вид тары, способ пакетирования* должны согласовываться с соответствующими параметрами состояния. Услуга меняет значение параметра *пакетирован* и пересчитывает значения параметров *количество* и *вес неделимой единицы*.

Вместе с маршрутом дополнительно вычисляются его характеристики, например, могут пересчитываться выходные переменные *потраченное_ время, стоимость, сохранность*. Это позволяет выбрать оптимальный маршрут по выбранному критерию из нескольких возможных.

Погрузка. Для осуществления операции погрузки груза на транспортное средство необходимо выполнение условий: совпадения местоположений транспорта, груза, погрузочной техники, соответствия технологии погрузки возможным технологиям погрузки груза. Для обеспечения этих условий необходимо планирование перемещений не только грузов, но и порожних транспортных средств и погрузочной техники, а для этого необходимы соответствующие переменные состояния и вспомогательные технологии подготовки и перемещения технических средств.

Услуга *<погрузка>* → *<предмет>*, *<единиц>*, *<общий вес>*, *<транспортное средство>*, *<узел>*, *<расположение>*, *<технология погрузки>*, *<способ крепления и размещения>* может применяться в состояниях с параметрами *узел* и *расположение*, совпадающими с аналогичными параметрами технологии. При этом параметр *расположение* меняет значение на *<транспортное средство>*.

Начальное и конечное состояния формируются на основе запроса клиента. На рис.1. показана схема формирования начального состояния. Сплошными линиями показаны структурные связи между метаварiableми, пунктиром – функциональные связи.

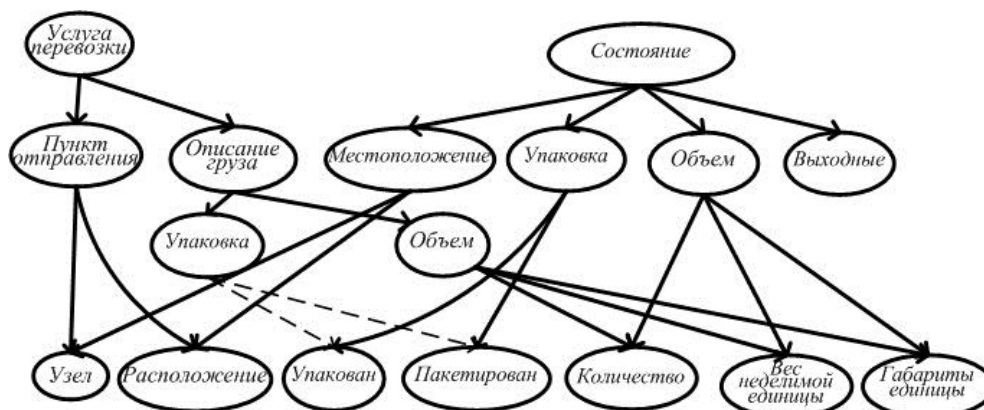


Рис. 1. Формирование начального состояния

Планирование может осуществляться одним из алгоритмов поиска в пространстве состояний путей из исходного в целевое состояние. Алгоритм сводится к поиску в неявно заданном графе с

применением правил для настройки шагов и оценки найденных путей. Могут быть использованы стандартные шаблоны логистических схем, которые могут сужать диапазон поиска путей или отработанные логистические схемы перевозок между известными пунктами, в которых полностью исключается поиск, т.к. путь (маршрут) уже известен.

4 Организация каталога на основе языковой модели

Наличие развитого императивного языка клиента скорее способствует, чем препятствует организации дружественной процедуры диалогового взаимодействия с клиентом. В данном случае язык необходим не столько как средство коммуникации, сколько как средство исследования и описания бесконечного множества потребностей клиента.

Обобщив сказанное выше, опишем языковую модель каталога следующей схемой:

$$R(L) : P(L) \rightarrow Q(L).$$

Здесь L – основа модели – метаязык, на котором описываются и язык клиента P и язык исполнителя Q и схема перевода R . В качестве языка L может быть использован язык программирования, но так как он должен использоваться при описании каждой услуги, то желателен проблемно-ориентированный язык более высокого уровня. Современные языки программирования позволяют выстраивать системы, сочетающие универсальные возможности базового языка с дружественными проблемно-ориентированными интерфейсами.

В качестве иллюстрации рассмотрим пример обработки услуги перевозки. База данных содержит описание сети, которая представлена на рис. 2. Жирным представлены узлы и ребра сети с железнодорожным и автомобильным видами транспорта, не жирным – только с автомобильным. В данном примере в узлах применяются все допустимые технологии. Заявка на услугу на языке клиента может выглядеть следующим образом:

<услуга перевозки> → *<описание перевозки>* →
<описание пути следования > →
<пункт отправления>: → *<узел>* (23), *<расположение>*(*<склад>*), *<доступ>*
(<свободный>)
<пункт назначения> → *<узел>* (14), *<расположение>*(*<склад>*), *<доступ>*(*<свободный>*)
<описание грузов> →
<описание груза> → *<название груза>* (сахар), *<тип груза>* (*<обычный>*),
<объем> → *<количество>*(1000), *<вес неделимой единицы>*(50кг), *<общий вес>*(50т),
<габариты неделимой единицы>(50-50-100см), *<упаковка>* →
<упакован не пакетирован>, *<допуск>*(да), *<вид тары>*(мешки)
<стоимость>(50руб/кг)
<сроки> → *<сроки отправки>*(), *<сроки доставки>*(), *<периодичность>*()
<дополнительная информация>()

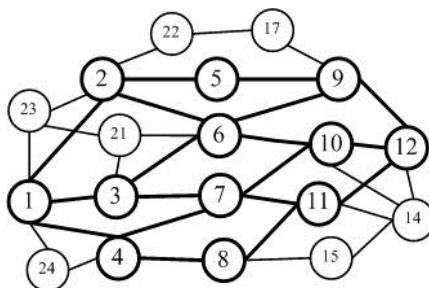


Рис. 2. Транспортная сеть

Нетерминальные символы, строки и значения в данной записи заключены в скобки. Если в скобках ничего нет, значит в заявке данная информация отсутствует. Будут сформированы исходное и конечное состояния. Исходное состояние:

местоположение(узел(23), расположение(склад)), упаковка(упакован(да), вид_тары(мешки), пакетирован(нет)), объем(общий_вес(50т), количество(1000), вес_неделимой_единицы(50кг)), выходные(потраченное_время(0), стоимость(0), сохранность(100%)).

Конечное состояние:

местоположение(узел(1), расположение(склад)), упаковка(упакован(да), вид_тары(мешки), пакетирован), объем(общий_вес(50т), количество, вес_неделимой_единицы), выходные(потраченное_время, стоимость, сохранность).

Посредством поиска в пространстве состояний будут найдены пути из начального состояния в конечное и вычислены выходные показатели каждого пути. На основании запроса и информации, расположенной в базе данных каждый шаг может быть настроен. Одна из возможных логистических схем выглядит следующим образом (на рис. 3 приведена схема настройки шага «Погрузка» в пункте отправления):

<логистическая схема >→→

<пакетирование> → <расположение>(склад), <узел>(23), <вид тары>(мешки), <единиц в пакете>(10), <всего единиц> (1000), <общий вес>(50т)

<погрузка>→<предмет>(пакет), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <транспортное средство>(автомобиль), <узел>(23),<расположение>(склад), <технология погрузки>(погрузчиком), <способ крепления и размещения>(штабель)

<перемещение автомобилем>→<транспортное средство>(автомобиль), <общий вес>(50т), <узел>(23), <узел>(1)

< выгрузка>→<предмет>(пакет), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <транспортное средство>(автомобиль), <узел>(1),<расположение>(склад), <технология выгрузки>(погрузчиком), <способ крепления и размещения>(штабель)

<хранение>→<узел>(1), <габариты единицы>(1-1-2,5м), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <время>()

<погрузка>→<предмет>(пакет), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <транспортное средство>(вид подвижного состава), <узел>(1),<расположение>(склад), <технология погрузки>(погрузчиком), <способ крепления и размещения>(штабель)

<перемещение по железной дороге>→ <вид отправки>(вагонная), <транспортное средство>(4-осный крытый вагон),<узел>(1), <узел>(12)

< выгрузка>→<предмет>(пакет), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <транспортное средство>(автомобиль), <узел>(12),<расположение>(склад), <технология выгрузки>(погрузчиком), <способ крепления и размещения>(штабель)

<хранение>→<узел>(12), <габариты единицы>(1-1-2,5м), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <время>()

<погрузка>→<предмет>(пакет), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <транспортное средство>(автомобиль), <узел>(12),<расположение>(склад), <технология погрузки>(погрузчиком), <способ крепления и размещения>(штабель)

<перемещение автомобилем>→<транспортное средство>(автомобиль), <общий вес>(50т),<узел>(12), <узел>(14)

< выгрузка>→<предмет>(пакет), <единиц> (100), <общий вес>(50т), <транспортное средство>(автомобиль), <узел>(14),<расположение>(склад), <технология выгрузки>(погрузчиком), <способ крепления и размещения>(штабель)

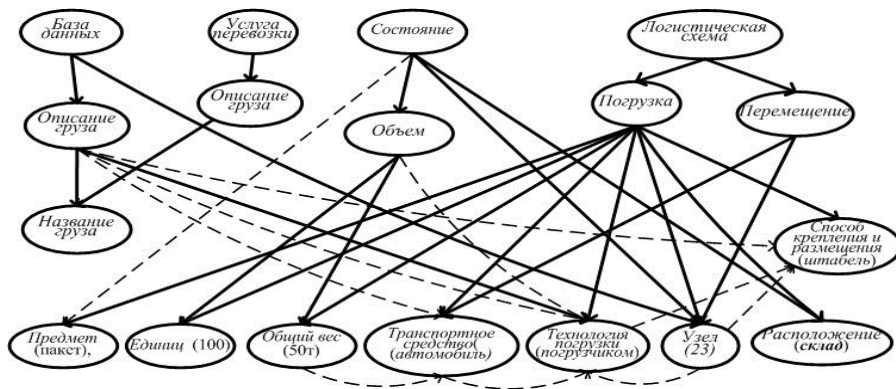


Рис. 3. Настройка шага «Погрузка»

Предполагается, что сформированная логистическая схема будет выполняться первоначально в форме подачи заявок на соответствующие услуги. В ходе этого процесса будут согласованы временные показатели, а также конкретные транспортные и другие выделяемые технические средства.

5 Развитие каталога на основе языковой модели

При описании языка логистических схем задается алфавит – набор базисных услуг, которые могут быть истолкованы как терминальные символы грамматики, т.е. как неделимые (атомарные) услуги. В этом случае символ (услуга) связывается с конкретным исполнителем. Это означает, что исполнитель будет ее выполнять, руководствуясь нормативными документами и своим опытом. В случае сложной услуги исполнитель должен будет вручную декомпозировать процесс оказания услуги на элементы, настроить параметры элементов в соответствии с параметрами запроса и закрепить в системе ответственность исполнителей за отдельные элементы.

В ходе сопровождения каталога при необходимости и в установленном порядке вносятся изменения для совершенствования услуги, в том числе для ее дальнейшей формализации. Формализация услуги предполагает детализацию базисных услуг. В этом случае они могут быть истолкованы как нетерминальные символы грамматики и для них создаются детализирующие правила, что приведет к постепенному переходу рутинных операций по исполнению услуги к автоматизированной системе. Синтаксические правила могут дополнены семантическими функциями, например, для вычисления показателей качества услуг или для более быстрого и точного определения цен на услуги и требуемого времени.

Заключение

В статье формулируется синтаксис входного языка клиента, который описан посредством БНФ. Семантические функции записаны на основе продукционных правил. Описаны механизмы взаимодействия формализованных фрагментов интеллектуального каталога с неформализованными, для реализации которых подключается естественный интеллект в лице менеджера транспортной компании. Приводятся фрагменты формальных описаний языков и правил перевода для различных этапов формирования логистической схемы комплексной транспортной услуги. Модель иллюстрируется примером обработки запроса на перевозку.

В данной работе не рассматриваются вопросы выбора вариантов автомобильной перевозки, а именно: выбора автомобиля нужной грузоподъемности или нескольких автомобилей или несколько рейсов. Не рассматриваются временные показатели, а именно: время хранения груза, которое зависит от времени начала погрузки, времени готовности вагона. Не рассматриваются вспомогательные технологии, а именно: подготовка и подача транспортных средств, погрузочной техники, подача локомотивов и формирование составов.

Описание в форме фрагментов языков имеет не технический, а принципиальный характер, иллюстрируя невозможность одномоментного решения такой задачи, как создание цифрового интеллектуального каталога транспортных услуг. Этому препятствует большой объем неформализованной информации о базовых услугах (сотни тысяч технологий), постоянно расширяющиеся потребности клиента, совершенствование и усложнение базовых услуг.

Таким образом, процесс развития цифрового интеллектуального каталога будет длительным (возможно, бесконечным), аналогично процессам цифровизации транспорта и экономики.

Функционирование каталога будет требовать присутствия человека, а его искусственное устранение из процесса повлечет отрицательные последствия.

Литература

1. *Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А.* Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза - СПб: ИПТ РАН, 2016.-216с.
2. *Шаров В.А.* Разработка единого каталога услуг, оказываемых холдингом «РЖД» / Железнодорожный транспорт №6. 2016. С9-15
3. *Цыганов В. В., Савушкин С. А.* Каталог услуг в адаптивном организационном управлении транспортными структурами // Транспорт: наука, техника, управление. №12, 2017, С.3-10
4. *Malygin, Igor G.; Tsyganov, Vladimir V.; Savushkin, Sergey A.; Lemiashkova, Alesya, V.* The concept of an intelligent catalog of multimodal transport services. Mar 2020 in Marine Intellectual Technologies. DOI: 10.37220/MIT.2020.47.1.018>
5. *V. V. Tsyganov, and S. A. Savushkin, "Intellectual Catalog of Digital Rail Transport Services,"* 2018 Global Smart Industry Conf. (GloSIC), Chelyabinsk, Russia, 2018, pp. 1-8. DOI: 10.1109/GloSIC.2018.8570150.
6. *Tsyganov V., and Savushkin S.* "Optimization of the Service Catalog of a Large-Scale Corporation," Proceedings of 10th Conf. Management of Large-Scale System Development, Moscow: IEEE, 2017. pp. 1-5. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109699.
7. *Савушкин С.А.* Формализация каталога транспортных услуг //Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017. Материалы международной научно-практической конференции. 14-15 ноября 2017 г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург, 2017. С. 44-47
8. *S. A. Savushkin.* "Models of Forming and Processing Packages of Transport Services." 2019 Twelfth International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD). IEEE. DOI: 10.1109/MLSD.2019.8910992
9. *А. Ахо, Дж. Ульман,* Теоретические основы синтаксического анализа, перевода и компиляции, М., Мир, 1978
10. *Лёвин С. Б.* Сущность технологических терминов 3PL и 4PL и принципы функционирования предприятий на их базе // Транспорт: наука, техника, управление. 2015. №7. С.50-53
11. *Цыганов В. В., Савушкин С.А.* Основы функционирования автоматизированного каталога услуг // Транспорт: наука, техника, управление. №9, 2018, с. 13-22.
12. Семантика языков программирования. Сб. статей. Под ред. В.М. Курочкина, М, Мир, 1980
13. *Дейкстра Э.* Дисциплина программирования. — М.: Мир, 1978. — 275 с.
14. *Edwin P. D. Pednault.* ADL: exploring the middle ground between STRIPS and the situation calculus. Proceedings of the first international conference on Principles of knowledge representation and reasoning. P 324-332, Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA ©1989, ISBN:1-55860-032-9