



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека

Препринты ИПМ • Препринт № 132 за 2016 г.



ISSN 2071-2898 (Print)
ISSN 2071-2901 (Online)

Давыдов О.И., Платонов А.К.

База данных для модели
операционной среды
сервисного робота

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Давыдов О.И., Платонов А.К. База данных для модели операционной среды сервисного робота // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. № 132. 20 с. doi:[10.20948/prepr-2016-132](https://doi.org/10.20948/prepr-2016-132)
URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2016-132>

**Ордена Ленина
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
имени М.В.Келдыша
Российской академии наук**

О.И. Давыдов, А.К. Платонов

**База данных для модели
операционной среды сервисного робота**

Москва — 2016

Давыдов О.И., Платонов А.К.

База данных для модели операционной среды сервисного робота

В работе описывается база данных 2.5D модели операционной среды мобильного робота, основанной на концепции Ортофреймов. Приводится структура основных элементов базы данных, в том числе состав таблиц, отдельных полей в таблицах, связей между таблицами. В соответствии с архитектурой модели операционной среды в основных разделах базы данных содержится информация обо всех элементах модели: Ортофреймах, Объектах, Помещениях, Фрагментах, Картах, Домейнах и Дверях. В работе описывается назначение полей таблиц базы данных, содержащих геометрическую, топологическую и семантическую информацию, а также поля, определяющие связи между таблицами как внутри разделов, так и между разделами базы данных.

Ключевые слова: мобильный робот, Ортофрейм, 2.5D модель операционной среды, структура базы данных, таблица базы данных, поля таблицы.

Oleg Izmailovich Davydov, Alexandr Konstantinovich Platonov

Database for the model of the operating environment of a service robot

The paper describes a Database for the 2.5D model of the operating environment of a mobile robot based on the concept of Ortoframes. This paper introduces the structure of the main Database elements, including tables, table fields, links between tables. In accordance with the model architecture of the operating environment the main sections of the Database contain information about all model elements: Ortoframes, Objects, Rooms, Fragments, Maps, Domains and Doors. The paper describes the purpose of each table field of a Database containing geometric, topological and semantic information, and fields that define the relationships between tables within sections and between sections of the Database.

Keywords: mobile robot, Ortoframe, 2.5D operating environment model, database structure, database table, table fields.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-08-06431) и РНФ (грант № 16-19-10705).

Оглавление

Введение
1. Структура базы данных.....	3
2. Ортофреймы	6
3. Объекты.....	8
4. Помещения	10
5. Фрагменты	13
6. Карты и Домейны.....	14
7. Двери	18
Заключение	19
Список литературы	19

Введение

Предлагаемая работа является развитием проекта полуавтономного мобильного робота, описанного в [1], [2], [3]. Проект направлен на получение опыта разработки эффективных систем управления автономными и полуавтономными сервисными мобильными роботами.

Одной из ключевых проблем при разработке этого проекта является создание простой, но адекватной статической составляющей модели операционной среды, которая может быть использована практически для всех задач, решаемых роботом. Эта модель должна содержаться в памяти сервисного робота и использоваться системой управления робота для решения задач позиционирования, для планирования движения робота, для прогнозирования поведения и общения с человеком. Она должна формироваться вручную и заноситься в память человеком-оператором, а в ходе эксплуатации обновляться и пополняться автоматически с использованием специальной процедуры оценки достоверности модели.

Массив информации, который должен храниться в памяти робота, достаточно велик. Для упрощения процедур запоминания и извлечения из памяти данных наиболее эффективным является создание базы данных модели операционной среды с использованием одной из коммерческих систем управления базами данных (СУБД). Такие базы данных достаточно широко используются разработчиками роботов и описаны в современной научной литературе [4], [5].

Первым шагом в создании базы данных является разработка структуры информации, которая адекватно отображала бы модель операционной среды, что предполагает формирование набора таблиц с данными, определение состава и свойств полей в этих таблицах и обеспечение связей между таблицами. В данной работе авторы при разработке структуры базы данных использовали стандартные инструменты, методы и приемы, которые допустимы большинством широко распространенных СУБД реляционного типа.

1. Структура базы данных

В работе [6] приведено описание 2.5D модели операционной среды мобильного робота, структура иерархии элементов которой представлена на рисунке 1. В основе этой модели лежит концепция Ортофрейма. Ортофреймы – это однотипные объемные элементы, с помощью которых можно построить детализировку, достаточную для тех целей, для которых модель операционной среды будет использоваться роботом. В структуре Ортофреймов содержится геометрическая и топологическая информация, используемая для позиционирования относительно окружающих предметов и для планирования перемещений корпуса робота и его манипулятора. Кроме того, в структуре Ортофреймов содержится семантическая составляющая модели,

которая необходима для общения робота с человеком на языке, комфортном для пользователя.

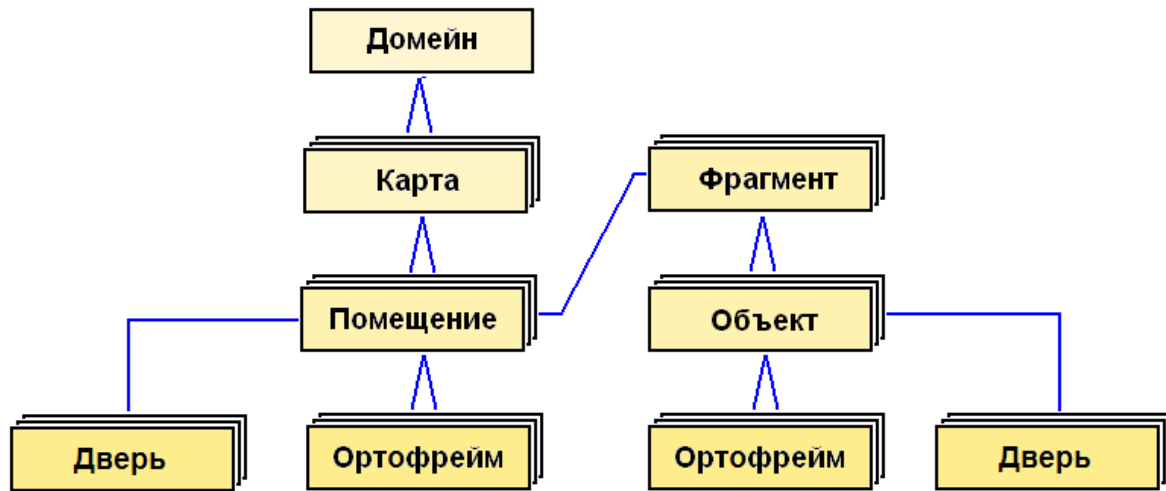


Рис. 1. Структура иерархии элементов модели

Из Ортофреймов собираются Объекты и Помещения, которые являются образами реальных объектов и помещений в операционной среде. Объектами являются статические и полустатические предметы, окружающие робота, как правило – мебель и оборудование. Помещение – это некое ограниченное пространство, в котором робот может передвигаться, например, комната, коридор. Каждый Объект и Помещение обладают именем, описанием и типом, которые являются семантической составляющей модели.

Помещение вместе со всеми Объектами, находящимися в этом Помещении, называется Фрагментом. Если в Помещении нет никаких Объектов, то Фрагмент может содержать в себе описание только одного Помещения. Все Фрагменты обладают именем и описанием.

Группа Помещений, связанных между собой проходами и дверями, формируют Карту. Карта объединяет в себе Помещения и, через Фрагменты, определяет все Объекты, находящиеся в едином замкнутом пространстве, в котором должен функционировать робот. Например, квартира в жилом доме или офис компании.

Полная модель операционной среды робота содержит в себе несколько карт, объединенных в Домейн. Домейн – это группа карт, моделирующих, например, квартиры, расположенные в одном здании. Каждая квартира этого здания имеет свою карту, каждая карта состоит из группы Помещений, каждое Помещение наполнено Объектами. Помещение вместе с Объектами, находящимися в нем, формирует Фрагмент карты. Все Объекты и Помещения состоят из Ортофреймов.

Домейн является самым крупным элементом в иерархической структуре модели операционной среды. Домейн имеет собственный идентификатор, который является ключом для всех карт, Помещений и Объектов,

относящихся к Домейну.

Отдельными компонентами описанной модели являются Двери. Двери обладают особыми геометрическими, топологическими и семантическими свойствами [7]. Существует достаточно большое, но ограниченное количество различных конструкций дверей, отличающихся своими характеристиками. Общее, что объединяет все типы дверей, – это их меняющаяся геометрия, которая, в свою очередь, меняет топологию пространства модели. Структура данных, необходимых для описания Дверей, отличается от структуры Ортофреймов, поэтому на рисунке 1 Двери представлены как отдельные элементы модели, связанные с Помещениями и Объектами.

Для хранения модели операционной среды и обработки информации создана база данных, которая функционирует под управлением СУБД MS Access 97 в операционной системе Windows 7. В таблицах базы содержится информация об Ортофреймах, Объектах, Помещениях, Фрагментах, Картах, Домейнах и Дверях. В этих таблицах предусмотрены поля метрической, топологической и семантической составляющих модели. Занесение информации, обновление и пополнение базы данных осуществляется вручную с помощью разработанного для этих целей программного комплекса MapUpdater. Для обмена информацией с базой данных программный комплекс MapUpdater генерирует запросы на стандартном языке SQL.

Весь процесс заполнения базы данных состоит из следующих действий:

- создание набора Ортофреймов;
- создание набора Дверей;
- построение Объектов из Ортофреймов;
- формирование Помещений из Ортофреймов;
- привязка Дверей к Объектам и Помещениям;
- распределение Объектов по Фрагментам;
- формирование Карты из связанных между собой Помещений;
- создание Домейна и привязка Карты к Домейну.

Подробное описание программного комплекса MapUpdater будет представлено в последующих публикациях. В данной публикации приводится структура основных разделов базы данных, в том числе состав таблиц, отдельных полей в таблицах и связей между таблицами.

Таблицы связаны между собой полями, названия которых содержат сочетание букв “ID”. На рисунках связи между таблицами обозначены стрелками между связанными полями. Направление стрелок обозначает объединение всех записей из таблицы, откуда стрелка исходит, и только тех записей из второй таблицы, в которых связанные поля совпадают.

Почти все таблицы имеют три поля – Deleted, RecDate и RecUser, которые используются как вспомогательные поля, служащие для документирования

истории изменений, сделанных в базе данных.

Все геометрические величины, координаты и расстояния измеряются в сантиметрах. Все параметры проницаемости граней Ортофреймов, Объектов, Помещений имеют три значения: 0 – непроницаемая, 1 – проницаемая, 2 – условно проницаемая.

2. Ортофреймы

В Базе данных информация об Ортофреймах содержится в шести связанных между собой таблицах. На рисунке 2 изображена структура Ортофрейма и идентификаторы всех параметров, входящих в его структуру.

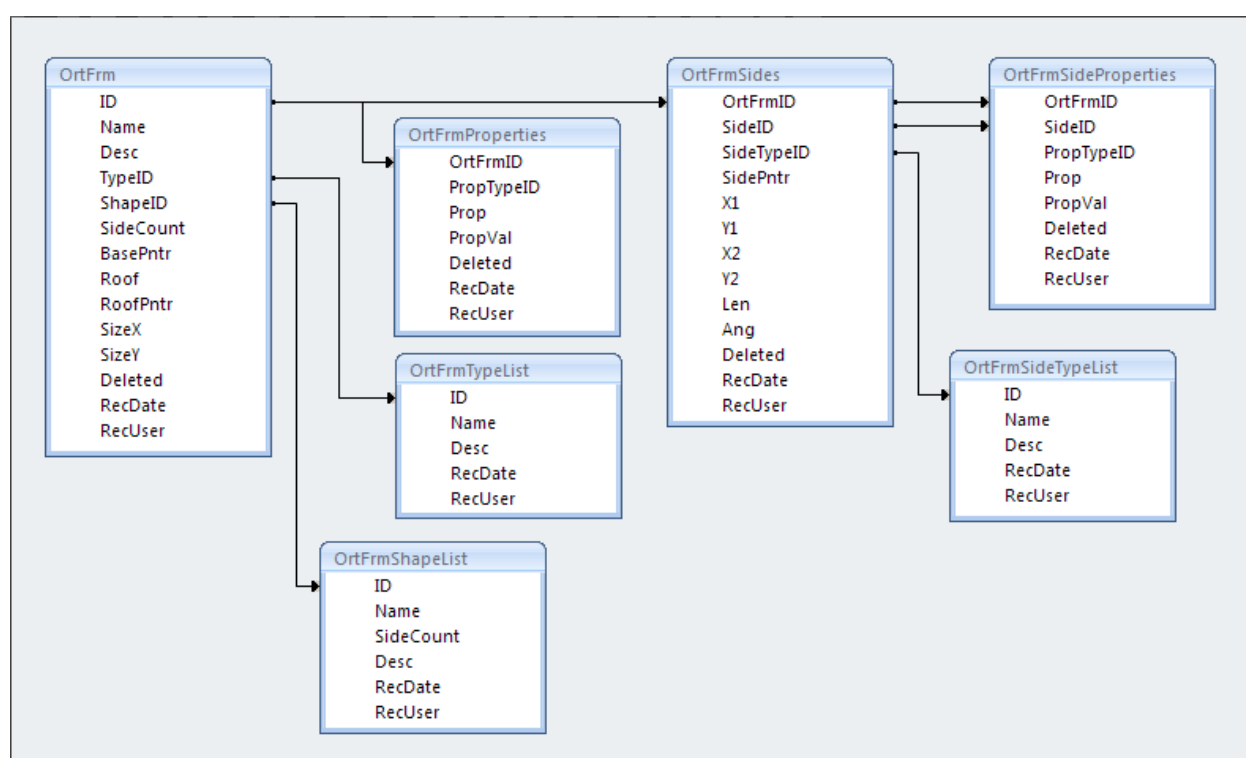


Рис. 2. Структура таблиц с данными об Ортофреймах

Корневая таблица – OrFr – содержит основные данные об Ортофреймах:

ID – идентификатор Ортофрейма;

Name – имя Ортофрейма;

Desc – словесное описание Ортофрейма;

TypeID – идентификатор семантического типа Ортофрейма;

ShapeID – идентификатор геометрической фигуры Базы Ортофрейма;

SideCount – число граней Ортофрейма;

BasePntr – проницаемость Базы Ортофрейма;

Roof – расстояние от Базы до Потолка Ортофрейма;

RoofPntr – проницаемость Потолка Ортофрейма;

SizeX, SizeY – габаритные размеры Базы Ортофрейма.

С корневой таблицей связаны две сервисные таблицы. Таблица `OrtFrmShapeList` содержит список названий и описаний геометрических фигур, из которых составлены Базы Ортофреймов, например “Квадрат” или “Окружность”. Таблица `OrtFrmTypeList` содержит список наименований и описаний типов Ортофреймов, например “Часть помещения” или “Часть мебели”.

Таблица `OrtFrmProperties`, также связанная с корневой таблицей `OrFr`, может содержать набор свойств Ортофрейма, представленных в виде пар:

`Prop` – имя свойства Ортофрейма;

`PropVal` – значение этого свойства.

Свойство Ортофрейма может быть, например, “Цвет”, значение этого свойства – “Черный”.

Названия геометрических фигур, наименования типов и список свойств Ортофреймов используются для формирования семантического описания модели операционной среды.

С корневой таблицей `OrFr` связана таблица `OrtFrmSides`, которая содержит данные о боковых гранях Ортофрейма:

`OrFrID` – идентификатор Ортофрейма;

`SideID` – идентификатор грани Ортофрейма;

`SideTypeID` – идентификатор семантического типа грани Ортофрейма;

`SidePntr` – пронцаемость грани Ортофрейма;

`X1, Y1` – координата начала основания грани Ортофрейма;

`X2, Y2` – координата конца основания грани Ортофрейма;

`Len` – длина основания грани Ортофрейма;

`Ang` – угол основания грани Ортофрейма в плоскости X-Y.

Количество записей в таблице `OrtFrmSides`, относящихся к одному Ортофрейму, должно совпадать с числом граней (`SideCount`) Ортофрейма в таблице `OrFr`.

С таблицей `OrtFrmSides` связана сервисная таблица `OrtFrmSideTypeList`, которая содержит список наименований и описаний типов граней Ортофреймов, например “Стена” или “Проход”.

Так же как и для самого Ортофрейма, каждая его грань может иметь несколько свойств, которые занесены в таблицу `OrtFrmSideProperties`. Эти свойства граней представлены также в виде пар: имя свойства – значение этого свойства. Например, имя свойства – “Материал”, значение этого свойства – “Дерево”.

3. Объекты

Объект в операционной среде представляет собой или один Ортофрейм, или комбинацию Ортофреймов, связанных между собой. Предполагается, что Ортофреймы, составляющие Объект, жестко скреплены друг с другом. Их нельзя разделить, их нельзя сдвинуть друг относительно друга. С другой стороны, разные Объекты вместе с Ортофреймами, из которых они составлены, можно двигать друг относительно друга.

В базе данных информация об Объектах содержится в пяти связанных между собой таблицах. На рисунке 3 изображена структура этих таблиц и идентификаторы всех параметров, входящих в его структуру.

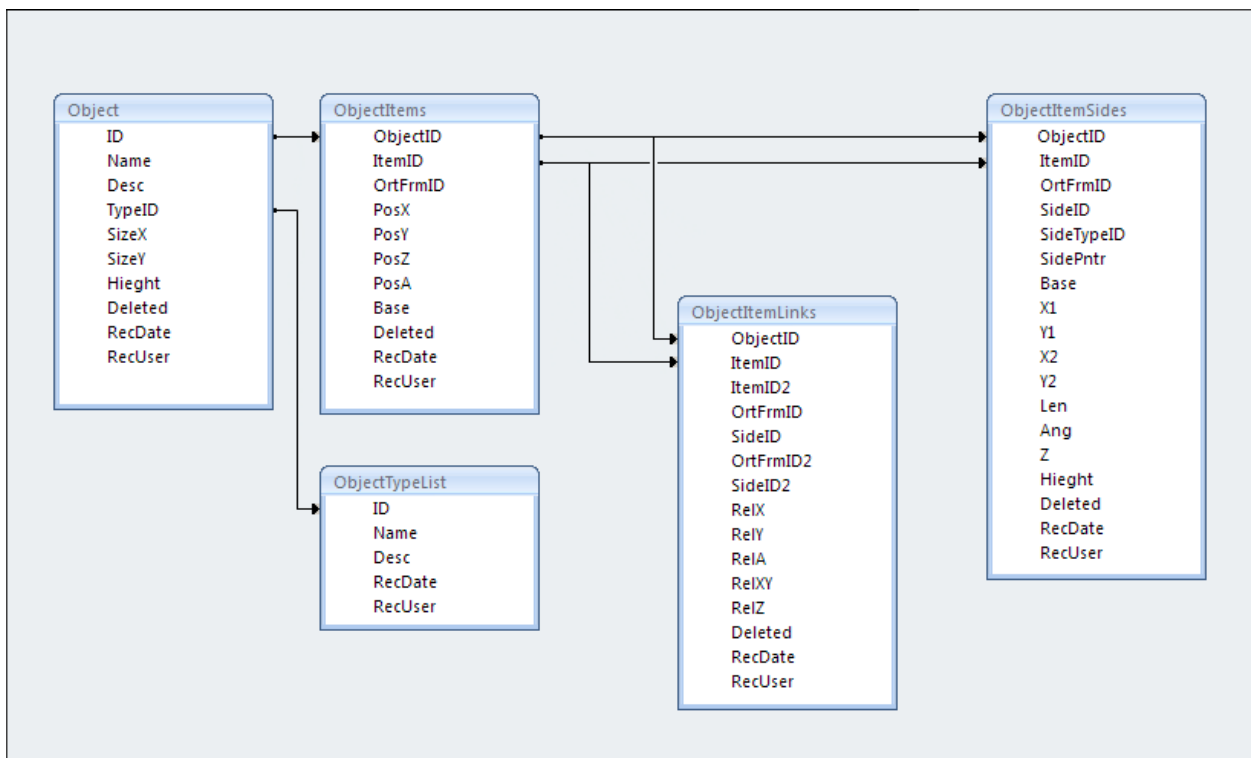


Рис. 3. Структура таблиц с данными об Объектах

Корневая таблица – Object – содержит основные данные об Объектах:

ID – идентификатор Объекта;

Name – имя Объекта;

Desc – словесное описание Объекта;

TypeID – идентификатор семантического типа Объекта;

SizeX, SizeY – габаритные размеры Объекта по осям X и Y;

Hieght – габаритная высота Объекта.

С корневой таблицей Object связана сервисная таблица ObjectTypeList, которая содержит список наименований и описаний типов Объектов, например “Стол” или “Диван”. Наименования типов Объектов используются для формирования семантического описания модели операционной среды.

Все Объекты модели операционной среды робота могут состоять из одной или нескольких частей, каждая из которых является Ортофреймом. Список Ортофреймов, входящих в состав каждого Объекта, содержится в таблице ObjectItems. Здесь:

- ObjectID – идентификатор Объекта;
- ItemID – идентификатор части Объекта;
- OrFrID – идентификатор Ортофрейма данной части Объекта;
- PosX, PosY, PosZ – координаты положения данной части в Объекте;
- PosA – угол в плоскости X-Y положения данной части Объекта;
- Base – признак того, что данная часть Объекта является базовой.

Предполагается, что в каждом Объекте одна из его частей является базовой. Это означает, что один из углов Базы соответствующего Ортофрейма находится в начале локальной системы координат, связанной с Объектом. Координаты всех остальных Ортофреймов, являющихся частями Объекта, представлены в этой локальной системе.

Если Объект состоит из одной части, из одного Ортофрейма, то эта часть является базовой. Она имеет координаты и угол положения в Объекте, равные нулю. Если Объект состоит из нескольких частей, то эти части должны быть связаны друг с другом по вертикали и/или по горизонтали. Эти связи определены в таблице ObjectItemLinks. Здесь:

- ObjectID – идентификатор Объекта;
- ItemID – идентификатор данной части Объекта;
- ItemID2 – идентификатор части, связанной с данной частью Объекта;
- OrFrID – идентификатор Ортофрейма данной части Объекта;
- SideID – идентификатор грани Ортофрейма данной части Объекта;
- OrFrID2 – идентификатор Ортофрейма связанной с данной части;
- SideID2 – идентификатор грани Ортофрейма, связанной с данной частью.
- RelX, RelY – покоординатное смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;
- RelA – угол поворота грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;
- RelXY – суммарное смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;
- RelZ – смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма вдоль оси Z.

Все поля таблицы ObjectItemLinks используются для определения взаимного положения частей Объекта относительно друг друга, а также для определения координат в локальной системе, которые представлены в таблицах ObjectItems и ObjectItemSides.

Таблица ObjectItemSides, так же как и ObjectItemLinks, связана с таблицей ObjectItems. В ObjectItemSides заносится информация обо всех гранях всех Ортофреймов, являющихся частями каждого Объекта. Частично эта

информация переносится из `OrtFrmSides`, частично она формируется на основании данных, занесенных в таблицу `ObjectItemLinks`:

`ObjectID` – идентификатор Объекта;
`ItemID` – идентификатор данной части Объекта;
`OrFrID` – идентификатор Ортофрейма данной части Объекта;
`SideID` – идентификатор грани Ортофрейма данной части Объекта;
`SideTypeID` – идентификатор семантического типа грани Ортофрейма;
`SidePntr` – пронцаемость грани Ортофрейма;
`Base` – признак того, что данная часть Объекта является базовой;
`X1, Y1` – координата начала основания грани Ортофрейма в Объекте;
`X2, Y2` – координата конца основания грани Ортофрейма в Объекте;
`Len` – длина основания грани Ортофрейма;
`Ang` – угол положения основания грани Ортофрейма в плоскости X-Y;
`Z` – координата основания грани Ортофрейма в Объекте по оси Z;
`Hieght` – высота грани Ортофрейма.

Поле `SideTypeID` в таблице `ObjectItemSides` связывает ее с сервисной таблицей `OrtFrmSideTypeList`, которая содержит список наименований и описаний типов граней Ортофреймов, например “Стена” или “Проход”.

4. Помещения

Помещение в модели операционной среды представляет собой или один Ортофрейм, или комбинацию связанных между собой Ортофреймов. Ортофреймы, составляющие Помещение, жестко скреплены друг с другом. Их нельзя разделить, их нельзя сдвинуть друг относительно друга.

В базе данных информация о Помещениях содержится в пяти связанных между собой таблицах. На рисунке 4 изображена структура этих таблиц и идентификаторы всех параметров, входящих в его структуру.

Корневая таблица – `Area` – содержит основные данные о Помещениях:

`ID` – идентификатор Помещения;
`Name` – имя Помещения;
`Desc` – словесное описание Помещения;
`TypeID` – идентификатор семантического типа Помещения;
`SizeX, SizeY` – габаритные размеры Помещения по осям X и Y;
`Hieght` – габаритная высота Помещения.

С корневой таблицей `Area` связана сервисная таблица `AreaTypeList`, которая содержит список наименований и описаний типов Помещений, например “Коридор” или “Кабинет”. Наименования типов Помещений используются для формирования семантического описания модели операционной среды.

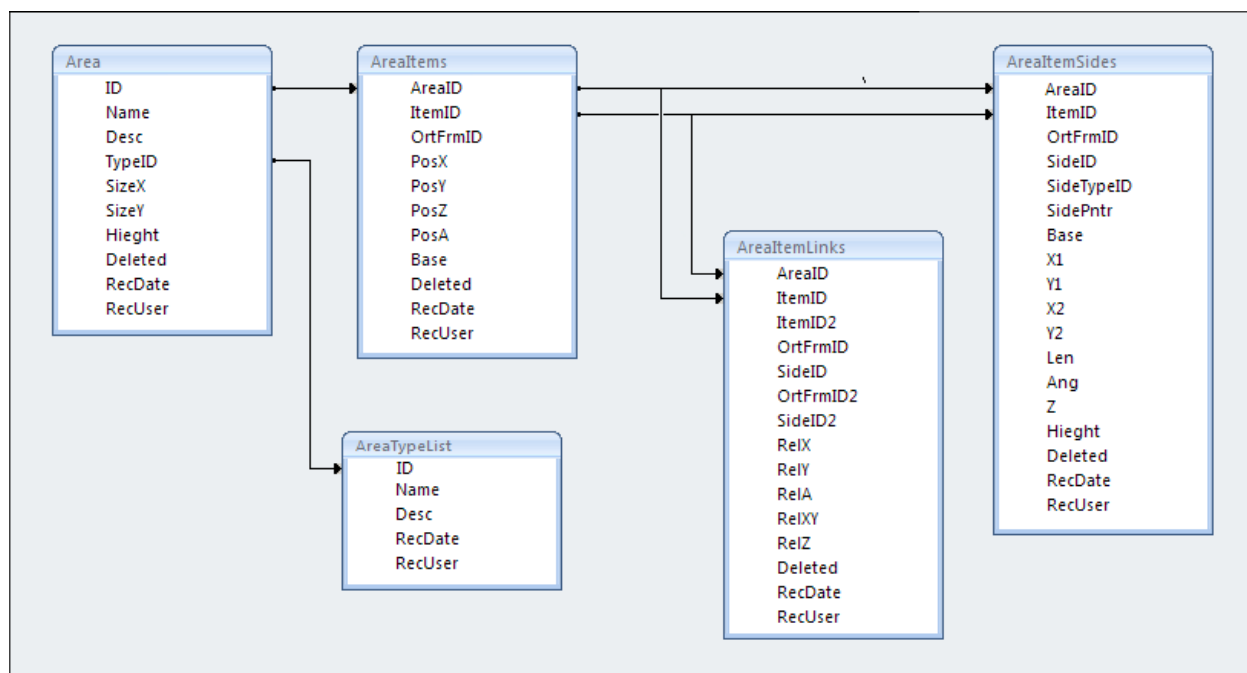


Рис. 4. Структура таблиц с данными о Помещениях

С корневой таблицей Area связана сервисная таблица AreaTypeList, которая содержит список наименований и описаний типов Помещений, например “Коридор” или “Кабинет”. Наименования типов Помещений используются для формирования семантического описания модели операционной среды.

Все Помещения в модели операционной среды работа могут состоять из одной или нескольких частей, каждая из которых является Ортофреймом. Список Ортофреймов, входящих в состав каждого Помещения, содержится в таблице AreaItems. Здесь:

- AreaID – идентификатор Помещения;
- ItemID – идентификатор части Помещения;
- OrFrID – идентификатор Ортофрейма данной части Помещения;
- PosX, PosY, PosZ – координаты положения данной части в Помещении;
- PosA – угол в плоскости X-Y положения данной части Помещения;
- Base – признак того, что данная часть Помещения является базовой.

Предполагается, что в каждом Помещении одна из его частей является базовой. Это означает, что один из углов Базы соответствующего Ортофрейма находится в начале локальной системы координат, связанной с Помещением. Координаты всех остальных Ортофреймов, являющихся частями Помещения, представлены в этой локальной системе.

Если Помещение состоит из одной части, из одного Ортофрейма, то эта часть является базовой. Она имеет координаты и угол положения в Помещении, равные нулю. Если Помещение состоит из нескольких частей, то эти части должны быть связаны друг с другом по вертикали и/или по горизонтали. Эти связи определены в таблице AreaItemLinks. Здесь:

AreaID – идентификатор Помещения;
 ItemID – идентификатор данной части Помещения;
 ItemID2 – идентификатор части, связанной с данной частью Помещения;
 OrFrID – идентификатор Ортофрейма данной части Помещения;
 SideID – идентификатор грани Ортофрейма данной части Помещения;
 OrFrID2 – идентификатор Ортофрейма связанной с данной части;
 SideID2 – идентификатор грани Ортофрейма, связанной с данной частью.
 RelX, RelY – по координатное смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;
 RelA – угол поворота грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;
 RelXY – суммарное смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;
 RelZ – смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма вдоль оси Z.

Все поля таблицы AreaItemLinks используются для определения взаимного положения частей Помещения относительно друг друга, а также для определения координат в локальной системе, которые представлены в таблицах AreaItems и AreaItemSides.

Таблица AreaItemSides, так же как и AreaItemLinks, связана с таблицей AreaItems. В AreaItemSides заносится информация обо всех гранях всех Ортофреймов, являющихся частями каждого Помещения. Частично эта информация переносится из OrtFrmSides, частично она формируется на основании данных, занесенных в таблицу AreaItemLinks:

AreaID – идентификатор Помещения;
 ItemID – идентификатор данной части Помещения;
 OrFrID – идентификатор Ортофрейма данной части Помещения;
 SideID – идентификатор грани Ортофрейма данной части Помещения;
 SideTypeID – идентификатор семантического типа грани Ортофрейма;
 SidePntr – проницаемость грани Ортофрейма;
 Base – признак того, что данная часть Помещения является базовой;
 X1, Y1 – координата начала основания грани Ортофрейма в Помещении;
 X2, Y2 – координата конца основания грани Ортофрейма в Помещении;
 Len – длина основания грани Ортофрейма;
 Ang – угол положения основания грани Ортофрейма в плоскости X-Y;
 Z – координата основания грани Ортофрейма в Помещении по оси Z;
 Height – высота грани Ортофрейма.

Поле SideTypeID в таблице AreaItemSides связывает ее с сервисной таблицей OrtFrmSideTypeList, которая содержит список наименований и описаний типов граней Ортофреймов, например “Стена” или “Проход”.

5. Фрагменты

Помещение вместе с Объектами, находящимися в нем, формирует Фрагмент модели операционной среды робота. В Базе данных информация о Фрагментах содержится в двух связанных между собой таблицах, которые сами связывают Помещения и Объекты, находящиеся в них. На рисунке 5 изображена структура этих таблиц и идентификаторы всех параметров, входящих в его структуру.

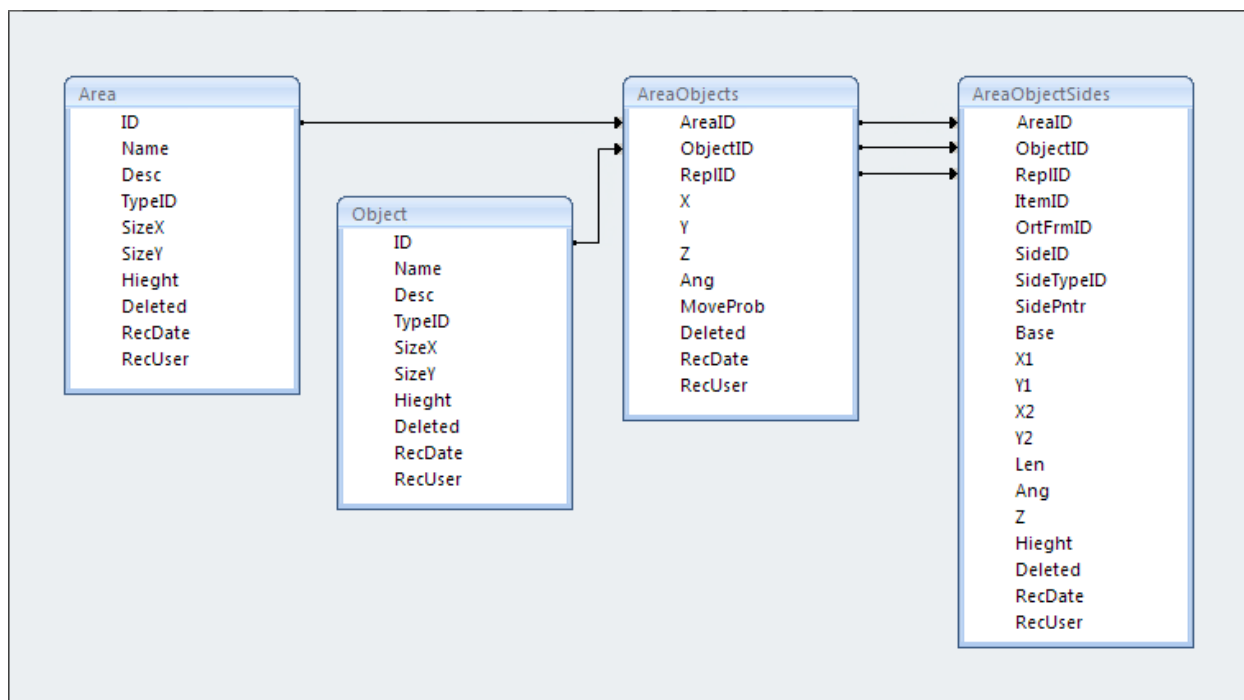


Рис. 5. Структура таблиц с данными о Фрагментах

Основная таблица, определяющая Фрагмент, – AreaObjects. Она содержит ссылки на Помещения и находящиеся в них Объекты:

AreaID – идентификатор Помещения;

ObjectID – идентификатор Объекта;

ReplID – идентификатор экземпляра Объекта;

X, Y, Z – координаты положения экземпляра Объекта в Помещении;

Ang – угол положения экземпляра Объекта в плоскости X-Y;

MoveProb – признак возможного изменения положения экземпляра Объекта в Помещении.

Информация об Объектах, содержащаяся в таблице Object и связанных с ней таблицах (см. рис. 3), является в определенной мере абстрактной информацией. Предположим, что в этих таблицах содержится информация о Стуле вместе с данными обо всех его составных частях, вместе с размерами, именами и т. д. Таких стульев в помещении может находиться несколько экземпляров, поэтому, чтобы отличать их друг от друга, всем Объектам, находящимся в Помещении, присваивается уникальный идентификатор экземпляра Объекта.

Каждый экземпляр, в данном примере Стул, имеет свое уникальное положение в Помещении. Однако координаты или угол положения некоторых Объектов могут меняться. Тот же Стул часто передвигается с места на место. Другие Объекты меняют свое положение достаточно редко, например Стол, а некоторые Объекты, такие как, например, Шкаф, в процессе функционирования робота не меняют своего положения практически никогда. Для того чтобы оценить подвижность каждого экземпляра Объекта, в поле MoveProb заносится величина в диапазоне от 0 до 100, причем 0 означает полную неподвижность экземпляра Объекта, а 100 – экземпляр Объекта может находиться где угодно.

Таблица AreaObjectSides связана с таблицей AreaItems. В AreaObjectSides заносится информация обо всех гранях всех Ортофреймов, являющихся частями каждого Помещения. Частично эта информация переносится из OrtFrmSides, частично она формируется на основании данных, занесенных в таблицу AreaObjects:

AreaID – идентификатор Помещения;
 ObjectID – идентификатор Объекта;
 ReplID – идентификатор экземпляра Объекта;
 ItemID – идентификатор данной части экземпляра Объекта;
 OrFrID – идентификатор Ортофрейма данной части экземпляра Объекта;
 SideID – идентификатор грани Ортофрейма данной части экземпляра;
 SideTypeID – идентификатор семантического типа грани Ортофрейма;
 SidePntr – проницаемость грани Ортофрейма;
 Base – признак того, что данная часть экземпляра является базовой;
 X1, Y1 – координата начала основания грани Ортофрейма в Помещении;
 X2, Y2 – координата конца основания грани Ортофрейма в Помещении;
 Len – длина основания грани Ортофрейма;
 Ang – угол положения основания грани Ортофрейма в плоскости X-Y;
 Z – координата основания грани Ортофрейма в Помещении по оси Z;
 Height – высота грани Ортофрейма.

Поле SideTypeID в таблице AreaObjectSides связывает ее с сервисной таблицей OrtFrmSideTypeList, которая содержит список наименований и описаний типов граней Ортофреймов, например “Стена” или “Проход”.

6. Карты и Домейны

Карта в модели операционной среды представляет собой или одно Помещение или комбинацию связанных между собой Помещений. В базе данных информация о Картах содержится в пяти связанных между собой таблицах. На рисунке 6 изображена структура этих таблиц и идентификаторы всех параметров, входящих в его структуру.

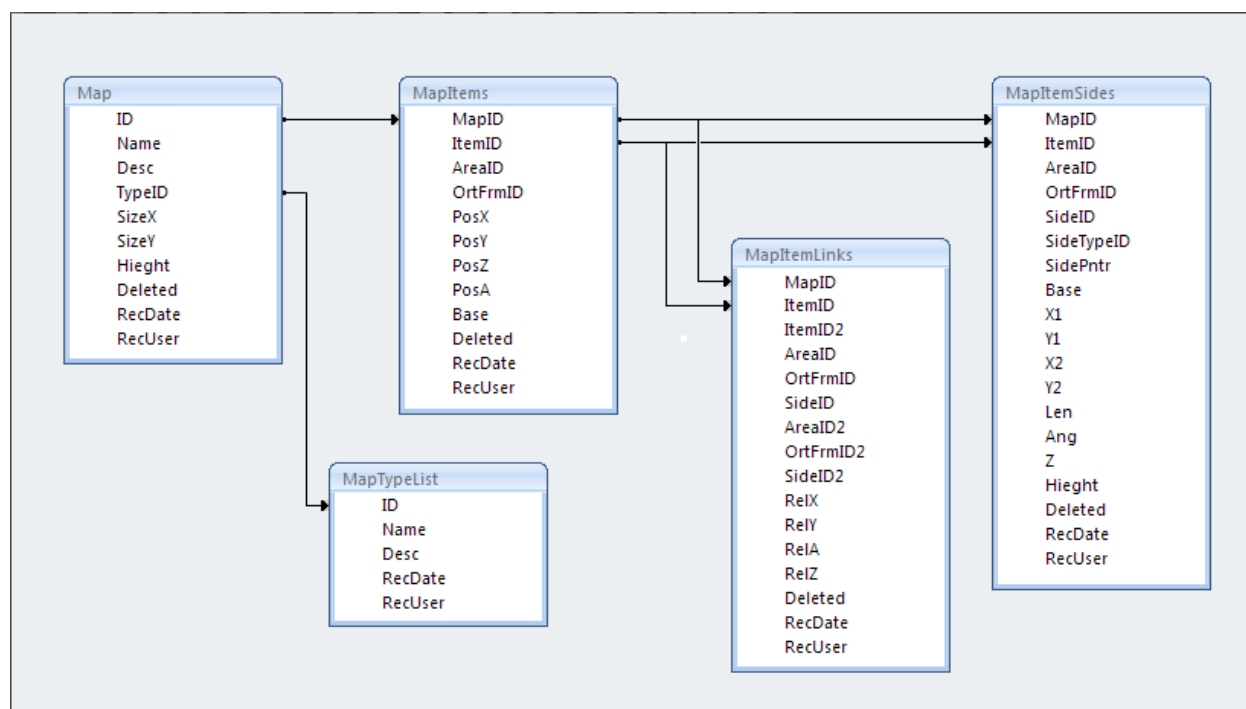


Рис. 6. Структура таблиц с данными о Картах

Корневая таблица – Map – содержит основные данные о Картах:

ID – идентификатор Карты;

Name – имя Карты;

Desc – словесное описание Карты;

TypeID – идентификатор семантического типа Карты;

SizeX, SizeY – габаритные размеры Карты по осям X и Y;

Hieght – габаритная высота Карты.

С корневой таблицей Map связана сервисная таблица MapTypeList, которая содержит список наименований и описаний типов Карт, например “Квартира” или “Офис”. Наименования типов Карт используются для формирования семантического описания модели операционной среды.

Все Карты модели операционной среды работа могут состоять из одной или нескольких частей, каждая из которых является Помещением. Список Помещений, входящих в состав каждой Карты, содержится в таблице MapItems. Здесь:

MapID – идентификатор Карты;

ItemID – идентификатор части Карты;

AreaID – идентификатор Помещения как части Карты;

OrFrID – идентификатор Ортофрейма части Помещения;

PosX, PosY, PosZ – координаты положения данной части на Карте;

PosA – угол в плоскости X-Y положения данной части на Карте;

Base – признак того, что данная часть Карты является базовой.

Предполагается, что на каждой Карте одно из Помещений является базовым. Это означает, что один из углов Базы Ортофрейма этого Помещения находится в начале локальной системы координат, связанной с Картой. Координаты всех остальных Помещений, являющихся частями Карты, представлены в этой локальной системе координат.

Если Карта состоит из одной части, из одного Помещения, то эта часть является базовой. Она имеет координаты и угол положения на Карте, равные нулю. Если Карта состоит из нескольких частей, из нескольких Помещений, то эти части должны быть связаны друг с другом по горизонтали по проницаемым или условно проницаемым граням соответствующих Ортофреймов. Эти связи определены в таблице `MapItemLinks`. Здесь:

`MapID` – идентификатор Карты;

`ItemID` – идентификатор данной части Карты;

`ItemID2` – идентификатор части, связанной с данной частью Карты;

`AreaID` – идентификатор Помещения как части Карты;

`OrFrID` – идентификатор Ортофрейма Помещения данной части Карты;

`SideID` – идентификатор грани Ортофрейма Помещения данной части Карты;

`AreaID2` – идентификатор Помещения, связанного с данной частью Карты;

`OrFrID2` – идентификатор Ортофрейма Помещения, связанного с данной частью Карты;

`SideID2` – идентификатор грани Ортофрейма, связанного с данной частью Карты;

`RelX`, `RelY` – покоординатное смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;

`RelA` – угол поворота грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма в плоскости X-Y;

`RelZ` – смещение грани связанного Ортофрейма относительно грани данного Ортофрейма вдоль оси Z.

Все поля таблицы `MapItemLinks` используются для определения взаимного положения частей Карты относительно друг друга, а также для определения координат в локальной системе, которые представлены в таблицах `MapItems` и `MapItemSides`.

Таблица `MapItemSides`, так же как и `MapItemLinks`, связана с таблицей `MapItems`. В `MapItemSides` заносится информация обо всех гранях всех Ортофреймов Помещений, являющихся частями каждой Карты. Частично эта информация переносится из `OrtFrmSides`, частично она формируется на основании данных, занесенных в таблицу `MapItemLinks`:

`MapID` – идентификатор Карты;

`ItemID` – идентификатор данной части Карты;

`AreaID` – идентификатор Помещения как части Карты;

`OrFrID` – идентификатор Ортофрейма Помещения данной части Карты;

SideID – идентификатор грани Ортофрейма Помещения данной части
Карты;

SideTypeID – идентификатор семантического типа грани Ортофрейма;

SidePntr – проницаемость грани Ортофрейма;

Base – признак того, что данное Помещение является базовым;

X1, Y1 – координата начала основания грани Ортофрейма на Карте;

X2, Y2 – координата конца основания грани Ортофрейма на Карте;

Len – длина основания грани Ортофрейма;

Ang – угол положения основания грани Ортофрейма в плоскости X-Y;

Z – координата основания грани Ортофрейма на Карте по оси Z;

Hieght – высота грани Ортофрейма.

Поле SideTypeID в таблице MapItemSides связывает ее с сервисной таблицей OrtFrmSideTypeList, которая содержит список наименований и описаний типов граней Ортофреймов, например “Стена” или “Проход”.

Информация о Домейнах содержится в базе данных в двух таблицах. На рисунке 7 изображена структура этих таблиц и идентификаторы всех параметров, входящих в структуру.

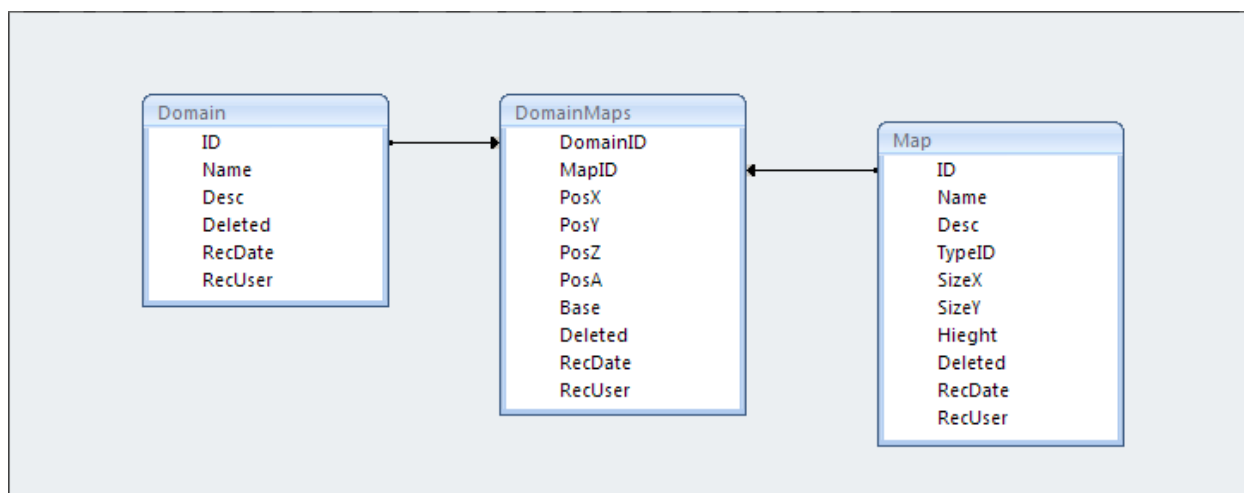


Рис.7. Структура таблиц с данными о Домейнах

Корневая таблица Domain содержит три информационных поля:

ID – идентификатор Домейна;

Name – имя Домейна;

Desc – словесное описание Домейна.

Предполагается, что в каждом Домейне одна из Карт является базовой. Это означает, что начало системы координат Домейна совпадает с началом системы координат этой Карты. Координаты всех остальных Карт, относящихся к Домейну, представлены в этой же системе координат. Эти данные содержатся в таблице DomainMaps, где:

DomainID – идентификатор Домейна;

MapID – идентификатор Карты, входящей в Домейн;

PosX, PosY, PosZ – координаты положения данной Карты в Домейне;
 PosA – угол в плоскости X-Y положения данной Карты в Домейне;
 Base – признак того, что данная Карта является базовой.

Поле MapID связывает таблицу DomainMaps с полем ID таблицей Map. Так осуществляется объединение Карт в единую структуру – Домейн.

7. Двери

Условно проницаемые грани Ортофреймов являются Дверями. Они являются проницаемыми только тогда, когда соответствующие им Двери открыты. Существует достаточно большое, но ограниченное количество различных конструкций Дверей, отличающихся своими характеристиками. В базе данных имеется специальный раздел, в котором хранятся параметры со свойствами Дверей. В этом разделе информация о Дверях содержится в трех связанных между собой таблицах. На рисунке 8 изображена структура этих таблиц и идентификаторы всех параметров, входящих в его структуру.

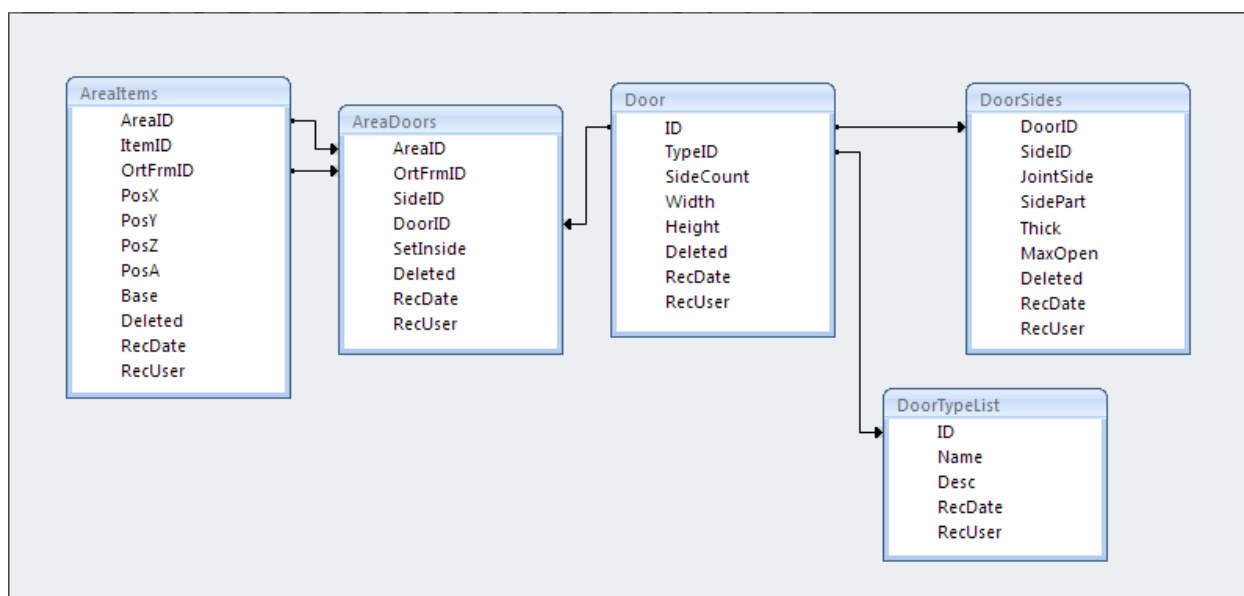


Рис.8. Структура таблиц с данными о Дверях

Корневая таблица – Door – содержит основные данные о Дверях:

ID – идентификатор Двери;

TypeID – идентификатор семантического типа Двери;

SideCount – число створок Двери;

Width – ширина Двери;

Height – высота Двери.

Поле TypeID связывает таблицу Door с сервисной таблицей DoorTypeList, которая содержит список наименований и описаний типов Дверей, например “Распашная” или “Раздвижная”.

Информация о створках Дверей содержится в таблице DoorSides, где:

DoorID – идентификатор Двери;

SideID – идентификатор створки Двери;

JointSide – сторона створки, где расположены петли: 0-справа; 1- слева;

SidePart – часть ширины Двери, занятой данной створкой;

Thick – толщина данной створки Двери;

MaxOpen – ширина раскрытия данной створки Двери в градусах поворота или в процентах от ширины.

Таблица AreaDoors связывает таблицу Door с Помещениями, с таблицей AreaItems. Так осуществляется привязка Двери к условно проницаемой грани Ортофрейма, являющегося частью Помещения. В таблице AreaDoors:

AreaID – идентификатор Помещения с Дверью;

OrFrID – идентификатор Ортофрейма Помещения с Дверью;

SideID – идентификатор грани Ортофрейма Помещения, на которой установлена Дверь;

DoorID – идентификатор Двери;

SetInside – направление раскрытия створок Двери:

1 – внутрь Помещения,

-1 – наружу.

Аналогично таблица ObjectDoors связывает таблицу Door с Объектами, с таблицей ObjectItems. В таблице ObjectDoors все поля идентичны полям таблицы AreaDoors, кроме первого поля. Здесь оно называется ObjectID и представляет собой идентификатор Объекта, который связан с данной Дверью.

Заключение

Рассматриваемая в данной работе база данных использовалась для создания 2.5D модели операционной среды мобильного робота, на котором установлен манипулятор. С помощью программного комплекса MapUpdater в базу данных занесена модель жилого помещения, в котором отлаживается система управления робота.

Список литературы

1. Давыдов О.И., Платонов А.К. Сеть Пассфреймов – комбинированная Модель операционной среды мобильного робота. // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша, 2015, №15, 28 с.
2. Давыдов О.И., Платонов А.К. Алгоритм управления дифференциальным приводом мобильного робота РБ-2. // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша, 2015, № 25, 17 с.
3. Давыдов О.И., Платонов А.К. Метод определения позиции и ориентации мобильного робота с лазерным сканером. // Препринты ИПМ им.

- М.В.Келдыша, 2015, № 45, 20 с.
4. Lee, D., Zhu, M., Hu, H. When location-based services meet databases. // *Mobile Information Systems* 1, 2005, pp. 81–90.
 5. Afyouni I., Ray C., Claramunt C. Spatial models for context-aware indoor navigation systems: A survey. // *Journal of Spatial Information Science*, Number 4(2012), pp.85-123.
 6. Давыдов О.И., Платонов А.К. Организация и структура комплексной карты операционной среды сервисного робота. // *Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша*, 2015, № 72, 28 с.
 7. Anguelov D., Koller D., Parker E., Thrun S. Detecting and modeling doors with mobile robots. // *In Proc. of the IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA)*, 2004, pp, 3777-3784.