

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМАЛИЗОВАННЫХ СТРУКТУР АККУМУЛЯЦИИ ЗНАНИЙ О ПРОЦЕССАХ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ**

**В статье рассмотрены актуальные вопросы синтеза процессного и объектно-ориентированного подходов для разработки формализованных структур аккумуляции знаний об объектах жилищно-коммунального хозяйства многоквартирных домов. Разработанные формализованные структуры аккумуляции знаний могут быть интегрированы в распределенную информационную систему пообъектного мониторинга процессов управления жилищно-коммунальным хозяйством многоквартирных домов.**

**Ключевые слова:** жилищно-коммунальное хозяйство, мониторинг, информационная система, системы поддержки принятия решений, аккумуляция знаний.

Для России вопросы эффективного управления системой жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) на протяжении многих лет не теряют свою актуальность. В последнее время одной из наиболее обсуждаемых и социально-значимых проблем в этой сфере управления стала проблема управления ЖКХ многоквартирных домов (ЖКХ МКД). В контексте исследования многоквартирный дом рассматривается как совокупность двух или более квартир, имеющих самостоятельные выходы либо на земельный участок, прилегающий к жилому дому, либо в помещения общего пользования. К числу исследуемых проблем в первую очередь следует отнести:

– отсутствие механизмов дифференцированного учета и анализа доходов и расходов управляющих компаний и товариществ собственников жилья в процессе обслуживания объектов ЖКХ МКД;

– отсутствие единой системы лицензирования органов управления многоквартирными домами, вследствие чего в различных регионах России количество многоквартирных домов, входящих в состав товарищества собственников жилья (ТСЖ) колеблется от двух до двух десятков, что значительно затрудняет процессы коллективного управления;

– не смотря на то, что ТСЖ можно отнести к формам самоуправления, большинство жителей многоквартирных домов, являясь потребителями услуг ЖКХ, не готовы нести ответственность за управление жилым фондом;

– отсутствие прозрачности формирования тарифов на услуги, текущие и капитальные ре-

монты и другие виды обслуживания объектов ЖКХ МКД;

- увеличение объема неплатежей;
- износ коммуникационных сетей и обслуживающего их оборудования.

Отдельно хотелось бы выделить такую социально значимую проблему как отсутствие прозрачности механизмов распределения средств на капитальные и текущие ремонты объектов ЖКХ МКД, вызывающую особое недовольство у населения. Так по результатам социальных опросов, проводимых службами администрации Северного округа города Оренбурга, у большинства жителей многоквартирных домов, расположенных на территории округа, сложилось устойчивое мнение об увеличении расходов на оплату услуг ЖКХ при значительном снижении их качества. Этот факт объясняется существующей системой перекрестного субсидирования, когда финансирование текущего ремонта ветхого жилого фонда осуществляется (в том числе) и за счет платежей жителей, проживающих в новых домах. Кроме этого постоянно выявляются факты бесконтрольного расходования средств жилищными организациями, нецелевого использования, финансовых махинаций.

Одним из очевидных путей решения приведенных проблем является переход на новый уровень качества информационного обслуживания, как населения (потребителей услуг), так и органов управления жилищным фондом МКД. Современный уровень развития информационно-коммуникационных технологий по-

зволяет создавать информационные системы управления принципиально иного качества, в которых в онлайн-режиме могут обрабатываться и накапливаться большие массивы данных, аккумулироваться знания, обеспечивающие эффективность процесса принятия управленческих решений.

В последние годы в работах отечественных ученых обсуждается концепция информационной системы мониторинга объектов ЖКХ, проектируемой с использованием интеллектуальных технологий [1]. В первую очередь интерес к подобным системам объясняется тем, что в процессе реформирования коммунальной отрасли в процессе управления ЖКХ стали участвовать различные операторы и арендаторы, а вопросами обслуживания жилищного фонда занимаются управляющие компании и товарищества собственников жилья. При этом муниципальные органы власти должны синхронизировать работу всех этих организаций с работой муниципальных предприятий. Кроме этого, продолжается старение коммунальных инфраструктур, что приводит к увеличению числа аварий, тогда как системы мониторинга позволяют своевременно обнаруживать неполадки и предупреждать аварийные ситуации.

Среди различных подходов и методик проектирования информационных систем мониторинга ЖКХ можно выделить концепцию пообъектного мониторинга. Концепция пообъектного мониторинга эффективно используется в управлении ЖКХ МКД, это объясняется тем, что множество объектов мониторинга в этом случае является достаточно очевидным и хорошо структурированным. А именно, любой многоквартирный дом состоит из: жилых помещений (квартир или комнат) и нежилых помещений, закрепленных за субъектом-собственником (физические или юридические лица); иных помещений, не являющихся частями квартир и обслуживающих более одного помещения, в том числе лестничные площадки, лифты, чердаки и подвалы и т. д.; инженерного оборудования; земельного участка, на котором расположен многоквартирный дом и общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме. Даже на основании приведенного определения можно выделить множество объектов и связей между ними. При этом каждый может быть описан комплексом показателей. В этом

случае система мониторинга осуществляет либо непрерывное, либо дискретное отслеживание значений этих показателей. Наиболее положительными чертами пообъектного мониторинга МКД являются:

- возможность жителей многоквартирного дома в доступном виде просматривать отчеты о его состоянии;
- обоснованность тарифообразования на услуги ЖКХ по отношению к потребителям, прозрачность цены на ту или иную услугу;
- публичность процесса тарифообразования;
- невозможность перекрестного субсидирования между домами, находящимися в различном техническом состоянии;
- обеспечение учета, результаты которого могут быть прозрачны для каждого из собственников жилья, исключает приписки объемов работ и материальных затрат;
- возможность непосредственного контроля со стороны потребителя (жильца дома) объема и качества работ, производимых управляющими компаниями и ТСЖ;
- деятельность подрядных организаций и качество их работы становятся контролируемыми, что позволяет потребителю впоследствии влиять на выбор подрядных организаций управляющими компаниями и ТСЖ;
- в разы уменьшается время реакции на заявки жителей многоквартирных домов;
- для каждого жителя становится прозрачным и наглядным состав ремонтно-технических работ по обслуживанию дома, в котором он проживает;
- появляется возможность более детального контроля оперативного и бухгалтерского учета управляющей компании со стороны собственников жилья.

Таким образом, целесообразность и актуальность внедрения систем пообъектного мониторинга в деятельность органов управления ЖКХ МКД очевидна. Остановимся более подробно на вопросах формирования архитектур подобных систем, хотя следует отметить, что в данной статье разработка концепции оптимальной архитектуры информационной системы пообъектного мониторинга не являлось целью для авторов. По нашему мнению перед формированием вариантов архитектур необходимо исследовать возможности применения современных техноло-

гических и научных разработок в области информационных систем с целью создания наиболее эффективной и адекватной задачам ЖКХ МКД архитектуры. Основными компонентами подобной архитектуры являются:

- распределенная информационная система сбора, обработки и хранения больших массивов данных по всем объектам мониторинга;
- совокупность WEB-приложений и сервисов, позволяющих взаимодействовать с системой как сотрудникам управляющих компаний, правления ТСЖ, так и каждому собственнику жилья посредством таких модулей как «Личный кабинет»;
- специализированное программное средство, позволяющее на основе обработки больших объемов информации осуществлять поддержку принятия решений как на уровне аппарата управляющих компаний и правлений ТСЖ, так и на уровне каждого собственника.

По нашему мнению, если первые две компоненты являются достаточно традиционными и могут быть реализованы либо на базе имеющихся типовых решений, либо с использованием готовых информационных систем для ЖКХ, широко представленных на рынке программного обеспечения, то третья компонента является наиболее затратной и труднореализуемой. Это объясняется тем, что, несмотря на большой выбор математического и технологического инструментария, в настоящее время не существует универсальных методик, позволяющих разработать эффективную систему поддержки принятия решений в области управления ЖКХ МКД. В связи с этим, можно считать актуальной проблеме разработки типовых решений в этой области. При этом, одним из наиболее приемлемых и адекватных подходов в этом случае можно считать концепцию DataMining. Это обусловлено наличием большого объема информации, характеризующей состояние объектов мониторинга в определенных промежутки времени. Достаточно разнообразный и гибкий инструментарий DataMining дает возможность разработки широкого спектра типовых решений для проектирования систем поддержки принятия решений в сфере управления ЖКХ МКД.

За время своего жизненного цикла система мониторинга по каждому объекту накапливает большое количество, как его состояний, так и состояний внешней по отношению к нему сре-

ды, поскольку система объектов мониторинга может быть рассмотрена как микро-, так и на макроуровне. Каждый объект является частью внешней среды по отношению к другим объектам на микроуровне, на макроуровне состояние внешней среды объектов мониторинга ЖКХ МКД может быть описано посредством агрегированных показателей деятельности управляющей компании, состоянием жилого фонда, коммуникаций и т.п. Это дает возможность интерпретировать каждый объект мониторинга как некоторый полюс аккумуляции знаний. В связи актуальными становятся вопросы разработки формализованных структур аккумуляции знаний по каждому из объектов мониторинга, подобные структуры должны быть интегрированы в структуры хранения данных в общей распределенной информационной системе мониторинга ЖКХ МКД.

Области управление ЖКХ МКД как и любые другие социально-экономические области управления обуславливает неоднородность объектов мониторинга. Разработки и типовые методики по разработки формализованных структур аккумуляции знаний сильно привязаны к конкретным предметным областям. В настоящее время существуют достаточно проработанные и эффективные методики структуризации знаний, которые аккумулируются как во внутренней, так и внешней среде предприятия. Для дальнейшего исследования считаем целесообразным их рассмотрение, анализ и выявление возможности адаптации для использования в системах поддержки принятия решений на основе данных пообъектного мониторинга ЖКХ МКД.

Для промышленных предприятий большинство методик структуризации знаний основано на использование процессно-ориентированного подхода к управлению предприятием. В этом случае каждое предприятие рассматривается как совокупность управленческих и технологических процессов (бизнес-процессов), в совокупности образующих архитектуру предприятия и являющихся объектами управления [2]. Процедуры структуризации аккумулируемых на предприятии знаний (корпоративных знаний) рассматриваются на основе архитектуры бизнес-процессов предприятия. При этом все знания, аккумулируемые на предприятии, могут быть отнесены к его бизнес-процессам, так

как они содержат информацию о самих процессах и объектах, являющихся участниками этих процессов [3].

Для систем управления ЖКХ МКД процессно-ориентированный подход является наиболее органичным, так как функции управления не имеют многоуровневых иерархий, а административный аппарат управляющих компаний и ТСЖ в большинстве случаев не имеет более двух уровней подчинения. В условиях экономического кризиса все большую популярность приобретает идеология ресурсосберегающей организации, согласно которой уровни управления сокращаются до минимума, а в качестве объекта управления рассматривается именно совокупность бизнес-процессов, подобные системы называются бизнес-архитектурой предприятия [4]. Так как в системах мониторинга ЖКХ МКД каждый объект задействован в его процессах, то и знания, аккумулируемые объектом, могут быть соотнесены с бизнес-процессами, реализуемыми при управлении. Поэтому целесообразно рассматривать два вида полюсов аккумуляции знаний – «знания объектов мониторинга ЖКХ МКД» и «знания бизнес-процессов управления ЖКХ МКД».

Содержательно знания объектов мониторинга содержат фрагменты знаний о техническом состоянии инженерных коммуникаций (тепло, газовых и водопроводных), состоянии подъездов, лифтов и других компонент обеспечивающей инфраструктуры. Знания бизнес-процессов в сфере управления ЖКХ МКД описывают структуру процессов и технологию их выполнения, это могут быть знания о процессах проведения тендеров на выбор подрядных организаций, технической инвентаризации инженерных коммуникаций, планированию мероприятий по благоустройству территории и т.п. Поэтому для любого бизнес-процесса можно выделить ряд объектов, которые в нем задействованы тем или иным образом.

В исследованиях Тельнова Ю.Ф. [5] процессы аккумуляции знаний рассматриваются как часть бизнес-процессов, протекающих на предприятии. Каждый бизнес-процесс имеет свой жизненный цикл, в результате прохождения которого оставляется так называемый «информационный след» в корпоративной памяти предприятия, Ю.Ф. Тельновым это интерпретируется как накопление и обобщение коллек-

тивного опыта управления, который в свою очередь является частью корпоративной базы знаний. В [5] формулируется двухкомпонентное определение самого понятия «бизнес-процесс». В первом случае бизнес-процесс определяется как некоторый регламент, описывающий последовательность действий вне зависимости от ресурсов. Во втором случае бизнес-процесс рассматривается как некоторый реальный экземпляр выполнения этого регламента, то есть цепочка действий, для каждого из которых ресурсами являются реальные объекты, обладающие набором свойств и состояний. С этих позиций «информационный след» бизнес-процесса можно представить как причинно-следственную информационную цепочку, в состав которой входят: знания о результатах этапов выполнения бизнес-процессов и степени влияния этих результатов на общие показатели эффективности управления; знания о структуре и взаимодействии бизнес-процессов, а также о их связях с внешней средой.

Еще одним перспективным подходом к структуризации знаний является объектно-ориентированный подход. В данном подходе структуризация знаний состоит из процедур формализации, построенных на основе теории множеств, с дальнейшей детализацией и уточнением предметной области [6], [7]. Остановимся более подробно на основных понятиях объектно-ориентированного подхода. В качестве объекта рассматривается некоторая сущность реального мира, объект обладает набором атрибутов, состояний (варианты значений атрибутов), поведением (траекторией передвижения в пространстве состояний). Таким образом, состояние объекта – это некоторый набор значений атрибутов объекта. Поведение объекта может быть смоделировано посредством ассоциированных с ним операций (методов), которые изменяют состояние объекта при условии вызова соответствующих операций.

Согласно терминологии подхода каждому объекту присваивается уникальный идентификатор, который является независимым по отношению к состоянию объекта. При этом объект всегда однозначно идентифицируется вне зависимости от текущих значений атрибутов. Посредством уникального идентификатора может быть реализован ссылочный механизм, позволяющий формировать сложные объекты.

Объекты с общей структурой и поведением могут быть объединены в класс, при этом каждый объект, принадлежащий классу, называется экземпляром класса.

Рассмотрим процесс разработки формальных структур организации знаний на основе объектно-ориентированного подхода, выделяя следующие шаги:

- формирование множества «сущность» с последующим объектным описанием – определением набора атрибутов и связей;
- детализации по каждому объекту – расширение множества атрибутов, уточнение связей;
- выявление новых объектов с целью детализации описания предметной области;
- структуризация множества объектов с целью выделения классов;
- формирование множества состояний и поведенческих траекторий по каждому классу объектов.

Несмотря на достаточную универсальность объектного подхода, при его использовании для структуризации корпоративных знаний организации есть риск дублирования фрагментов знаний при описании поведенческих траекторий объектов. Очевидно, что необходим некоторый механизм, позволяющий описывать как акты взаимодействия объектов в бизнес-процессе, так и траектории изменения состояний объектов в единой, исключающей дублирование схеме. Наилучшим решением для этого может быть синтез процессного и объектного подходов. Для этого необходимо рассматривать два вида первичных элементов – объект и бизнес-процесс. В частности в системе мониторинга объектов ЖКХ МКД могут быть выделены следующие виды знаний о бизнес-процессах:

- знания о ресурсах и результатах бизнес-процессов;
- знания о документах, посредством которых реализуется процесс управления;
- функциональные знания о процессе.

В [6] вводится следующее обобщение: все ресурсы и результаты бизнес-процесса представляются как объекты бизнес-процессов. При этом к каждому объекту бизнес-процесса применяется аппарат объектного описания, что позволяет осуществить детализированную формализацию знаний о ресурсах и результатах каждого бизнес-процесса. В результате каждый объект бизнес-про-

цесса наделяется рядом свойств и механизмом наследования согласно принадлежности к классу. Таким образом, все множество объектов бизнес-процессов может быть представлено как:

$$A = \{a_i : i = \overline{1, 2, \dots, n}\}, \text{ где}$$

$a_i$  –  $i$ -й объект,  $i = \overline{1, N}$ ,  $N$  – общее количество выделенных объектов. Согласно объектно-ориентированному подходу каждый объект  $a_i$  описывается множеством атрибутов:

$$a_i = \langle NamA_i, AtrA_i, ParA_i \rangle, \text{ где}$$

$NamA_i$  – уникальный идентификатор объекта  $a_i$ ;  $AtrA_i$  – набор атрибутов  $i$ -го объекта, формализуемое как:

$$AtrA_i = \{AtrA_{ij}, Zn_{ij}\}, \text{ где}$$

$AtrA_{ij}$  – идентификатор  $j$ -го атрибута  $i$ -го объекта,  $j = \overline{1, N_j}$ ,  $N_j$  – количество атрибутов  $i$ -го объекта;  $Zn_{ij}$  – значение  $j$ -го атрибута  $i$ -го объекта.

Для описания родовых межобъектных связей можно ввести вводим  $ParA_i$  – множество объектов верхнего уровня, связанных с объектом  $a_i$ :

$$ParA_i = \{Par_{ij}, TypePar_{ij}\}, \text{ где}$$

$Par_{ij}$  – это объект, являющийся  $j$ -тым родителем  $i$ -го объекта,  $j = \overline{1, M_i}$ ,  $M_i$  – количество объектов верхнего уровня, связанных с объектом  $a_i$ ,  $TypePar_{ij}$  – наименование роли  $j$ -го родителя  $i$ -го объекта.

Совокупность бизнес-процессов по управлению объектами ЖКХ МКД также представим в теоретико-множественной терминологии:

$$B_i = \{F_{ij}\}, \text{ где}$$

$F_{ij}$  –  $j$ -тая функция  $i$ -того бизнес-процесса,  $i = \overline{1, K}$ ,  $j = \overline{1, L_i}$ ,  $K$  – общее количество бизнес-процессов предприятия,  $L_i$  – количество функций в  $i$ -том бизнес-процессе. При этом для каждой функции  $F_{ij}$   $i$ -того бизнес-процесса может быть сформирован кортеж атрибутов:

$$F_{ij} = \langle NameF_{ij}, Pred_{ij}, Ind_{ijr} \rangle, \text{ где}$$

$NameF_{ij}$  – имя  $j$ -той функции  $i$ -того бизнес-процесса;  $Pred_{ij}$  – функция, доминирующая над функцией  $F_{ij}$ ;  $Ind_{ijr}$  –  $r$ -тый показатель результативности выполнения функции  $F_{ij}$ .

Еще одним преимуществом представленной формализации является возможность описать связь бизнес-процессов между собой (выстраивание сквозного бизнес-процесса) посредством объектов. В этом случае класс объектов – это связующий элемент между бизнес-процессами-источниками и бизнес-процессами-приемниками, связь имеет тип «многие-ко-многим». В [6] доказывается целесообразность рассмотрения связи между двумя бизнес-процессами через один класс объектов, при этом среди двух взаимосвязанных через объект бизнес-процессов, один из них является источником, изменения состояния объекта, другой – приемником. Обобщая, можно сказать, что источником или приемником может быть внешняя среда, при этом бизнес-процесс-источник – это всегда результат, а бизнес-процесс-приемник интерпретирует объект как ресурс, механизм и т. п., то есть присваивает объекту роль. Можно ввести некоторый специфический объект  $ObjConnect_i$ , определяющий связь между двумя бизнес-процессами:

$ObjConnect_i = \langle NameA_i, Fls_i, FPr_i, RoleA_i \rangle$ , где

$NameA_i$  – идентификатор объекта, образующего  $i$ -тую связь;  $Fls_i, FPr_i$  – соответственно, бизнес-процесс-источник и бизнес-процесс-приемник  $i$ -той связи;  $RoleA_i$  – роль  $i$ -той связи в процессе-приемнике.

Таким образом, представленные в исследовании приемы формализации дают возможность структурировать знания об объектах в информационной системе управления ЖКХ МКД. При этом синтез объектного и процессного подходов к структуризации позволяет создавать структуры аккумуляции знаний о процессах обслуживания объектов мониторинга ЖКХ МКД. Представленные приемы могут быть использованы при разработке методики проектирования распределенной интеллектуальной информационной системы управления ЖКХ МКД.

11.06.2014

**Список литературы:**

1. Богатырев, В.Е. Проблемно-ориентированная система мониторинга с использованием технологии виртуальной реальности / В.Е. Богатырев, М.В. Четвергова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №2. – С. 73–89.
2. Сербин, А.А. Объектно-ориентированный подход к моделированию бизнес-процессов предприятия / А.А. Сербин // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия Экономика. – 2008. – №20. – С. 314–316.
3. Жук, М.А. Механизмы аккумуляции знаний для оценки эффективности бизнес-процессов / М.А. Жук // Управление экономическими системами. – 2011. – №10(34) – С. 17–29.
4. Wasson, C. System Analysis, Design, and Development: Concepts, Principles, and Practices (Wiley Series in Systems Engineering and Management) / C. Wasson. – Wiley-Interscience. – 2005. – 342 p.
5. Тельнов, Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов / Ю.Ф. Тельнов. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 314 с.
6. Брусакова, И.А. Объектно-ориентированный подход в моделях аккумуляции знаний о бизнес-процессах / И.А. Брусакова, А.А. Сербин // Сб. научных трудов научно-практической конференции по современным проблемам прикладной информатики. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та. – 2008. – С. 11–29.
7. Гедро, Г.К. Разработка методики и моделей управления изменениями бизнес-процессов. Дисс. ... канд. тех. наук / Г.К. Гедро – М.: МЦНМО, 2008. – 219 с.

Сведения об авторах:

**Буреш Ольга Викторовна**, декан факультета экономики и управления Оренбургского государственного университета, доктор экономических наук, профессор  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 6309а, тел. (3532)372440, e-mail: feu@mail.osu.ru

**Сафонов Николай Сергеевич**, старший преподаватель кафедры прикладной информатики в экономике и управлении Оренбургского государственного университета  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 14319, тел. (3532)372565, e-mail: kar14318@gmail.com