



АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
AUTOMATION AND CONTROL

DOI 10.51885/1561-4212\_2023\_4\_120  
MPHTI 50.01.21

**С.В. Григорьева<sup>1</sup>, О.Я. Швец<sup>2</sup>, А.Ж. Алимханова<sup>3</sup>, Е. Дауренов<sup>4</sup>**  
Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан  
<sup>1</sup>E-mail: sgrigorieva@ektu.edu.kz\*  
<sup>2</sup>E-mail: olga.shvets75@gmail.com  
<sup>3</sup>E-mail: aslima\_alimhanova@mail.ru  
<sup>4</sup>E-mail: daurenov1998@mail.ru

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ «УМНОГО ДОМА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

### ЖҮЙЕЛІК ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП «АҚЫЛДЫ ҮЙДІ» ЖОБАЛАУ

### DESIGNING A «SMART HOME» USING SYSTEM ANALYSIS METHODS

**Аннотация.** В статье рассматривается процесс проектирования интеллектуальной домашней системы автоматизации. С помощью различных методов системного анализа, а именно - дерева целей, контекстных диаграмм стандарта Unified Modeling Language и процесса аналитической иерархии, была рассмотрена и проанализирована система «Умный дом». Инновационные домашние системы, представленные в настоящее время на рынке, развиваются чрезвычайно быстро. Широкий ассортимент устройств, которые можно использовать в «Умном доме» не всегда имеет возможность совместной работы с оборудованием от разных компаний. Это одна из основных существующих проблем, которая рассматривается в работе. Применяя метод аналитической иерархии, рассчитан наиболее привлекательный вариант организации связи в микросервисной архитектуре проектируемой системы домашней автоматизации по протоколу TCP. Создание «моста» для интеграции аппаратного обеспечения разных компаний откроет большие возможности для комбинирования устройств и сделает процесс создания «Умного дома» более гибким и комфортным.

**Ключевые слова:** системный анализ, система домашней автоматизации, унифицированный язык моделирования, метод аналитической иерархии, протоколы транспортного уровня.

**Аңдатпа.** Мақалада интеллектуалды үй автоматтандыру жүйесін жобалау процесі қарастырылады. Жүйелік талдаудың әртүрлі әдістерін, атап айтқанда мақсаттар ағашын, Бірыңғай модельдеу тілі стандартының контекстік диаграммаларын және аналитикалық иерархиялық үдерісті пайдалана отырып, Smart Home жүйесі қарастырылды және талданды. Қазіргі уақытта нарықтағы инновациялық үй жүйелері өте жылдам қарқынмен дамып келеді. «Ақылды үйде» қолдануға болатын құрылғылардың кең ауқымы әр түрлі компаниялардың жабдықтарымен бірге жұмыс істеу мүмкіндігіне ие бола бермейді. Бұл жұмыста қарастырылған негізгі өзекті мәселелердің бірі. Аналитикалық иерархия әдісін қолдана отырып, TCP хаттамасы арқылы жобаланған үйді автоматтандыру жүйесінің микросервис архитектурасында байланысты ұйымдастырудың ең тартымды нұсқасы есептелді. Әртүрлі компаниялардың аппараттық құралдарын біріктіру үшін «көпір» құру құрылғыларды біріктіру үшін үлкен мүмкіндіктер ашады және «Ақылды үйді» құру процесін икемді және ыңғайлы етеді.

**Түйін сөздер:** жүйелік талдау, үйді автоматтандыру жүйесі, бірыңғай модельдеу тілі, аналитикалық иерархия әдісі, транспорттық деңгей хаттамалары.

**Abstract.** The article discusses the process of designing an intelligent home automation system. Using various methods of system analysis, namely the tree of goals, context diagrams of the Unified Modeling Language standard and the analytical hierarchy process, the Smart Home system was considered and analyzed. The innovative home systems currently on the market are evolving at an extremely fast pace. A wide range of devices that can be used in the "Smart Home" does not always have the ability to work together with equipment from different companies. This is one of the main existing problems, which is considered in the work. Using the analytical hierarchy method, the most attractive variant of organizing communication in the microservice architecture of the designed home automation system using the TCP protocol was calculated. Creating a "bridge" for integrating hardware from different companies will open up great opportunities for combining devices and make the process of creating a "Smart Home" more flexible and comfortable.

**Keywords:** system analysis, home automation system, Unified Modeling Language, Analytic Hierarchy Process, transport layer protocols.

*Введение.* Системы «умный дом» предназначены для домашней автоматизации определенного ряда задач без участия человека и дополнительно существует возможность предоставления информации пользователю о состоянии системы и окружающей среды [1,2].

«Умный дом» – это современная, инновационная и комплексная система домашней автоматизации, которая позволяет домовладельцам управлять различными бытовыми приборами из централизованной системы. Система включает в себя целый ряд технологий, таких как датчики, камеры и автоматизированные средства управления, которые взаимодействуют друг с другом и со смартфоном, планшетом или компьютером пользователя для обеспечения бесперебойной работы. Одним из основных преимуществ системы «умный дом» является то, что она может создать комфортную среду проживания, упростить и рационализировать повседневные задачи, снизить потребительские расходы.

Технологии «умного дома» стремительно развиваются, постоянно разрабатываются и совершенствуются новые устройства и системы [3-5]. Это привело к широкому внедрению технологии «умного дома» среди домовладельцев и растущему спросу на интегрированные системы. Одной из ключевых тенденций в индустрии «умного дома» является переход к большей функциональной совместимости между устройствами и системами. Многие системы «умного дома» в настоящее время используют общие коммуникационные протоколы [6,7], такие как Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee или Z-Wave, что позволяет различным устройствам и системам беспрепятственно работать вместе. Это означает, что домовладельцы теперь могут выбирать подходящее устройство из широкого спектра интеллектуальных устройств и интегрировать их в существующие системы «умного дома».

Однако, существует проблема связанная с несовместимостью оборудования разных производителей [8]. Создание «моста» для интеграции аппаратного обеспечения разных компаний откроет большие возможности для комбинирования устройств и сделает процесс создания «Умного дома» более гибким и комфортным.

Цель работы заключается в проектировании интеллектуальной домашней системы автоматизации на основе методов системного анализа. В данной работе ставится задача выбора типа транспортного протокола.

В целом, современное состояние систем домашней автоматизации представляет собой значительный прогресс в области домашних технологий, который трансформирует наше мышление и образ жизни. Благодаря своей способности повышать удобство, безопасность, энергоэффективность и общее качество жизни, «умные» дома становятся стандартом современной жизни.

*Материалы и методы исследования.* Системный анализ – это методология изучения

свойств и взаимосвязей в объектах, которые трудно наблюдать и трудно понять. Системный анализ предоставляет инструменты для выявления и устранения неопределенности при решении сложных задач, основанных на поиске наилучшего решения из существующих альтернатив [9]. Необходимость изучения методологии, овладения теорией и практикой системного анализа определяется постоянно возрастающей потребностью в решении сложных междисциплинарных задач различного назначения. На это влияет не только стремительное развитие мировой глобализации, высокие темпы совершенствования науки и техники, разработка инновационных и других технологий различного назначения, но и условия постоянного увеличения экологических угроз, техногенных, природных и других катастроф. Эти условия и факторы определяют необходимость применения аппарата для решения сложных систем задач прогнозирования и системного анализа имеющихся социально-экономических, научно-технических и других проблем, задач и ситуаций, возможных техногенных, экологических, природных и иных аварий и катастроф. Следует подчеркнуть, что эффективность и надежность своевременного прогнозирования, объективного прогнозирования, системного анализа различных альтернатив возможным комплексным решениям и стратегий действий на практике во многом зависят от способности своевременно овладеть и эффективно использовать возможности методологии системного анализа.

Основные принципы системного анализа приведены на рис. 1 [10]. Без четкого определения цели, средств достижения целей, соотношения целей, оценки способов достижения целей и их эффективности невозможно корректное функционирование системы. Поэтому, во-первых, любая цель должна быть конкретной, то есть выражена как в качественных, так и в количественных параметрах. Во-вторых, любая цель должна быть точной, то есть достижимой в конкретных условиях.



### Рисунок 1. Принципы системного анализа

Для анализа системы ее необходимо описать. Описания систем целесообразно представлять с трех позиций: функциональной, морфологической, информационной. Для функционального описания системы широко применяются графические методы. Один из которых – дерево целей (релевантности).

Дерево релевантности – это графическая схема соподчинения и взаимосвязи целей, которая демонстрирует разделение общей цели на задачи и подзадачи. Этот метод позволяет получить иерархическую структуру, содержащую цели, направления и проблемы в удобной форме. Построение дерева целей осуществляется «сверху вниз», т.е. в направлении от общих целей к личным, через их декомпозицию и сокращение. Правильно сформулированные цели организации процесса дают возможность получить желаемый результат. При построении дерева целей следует соблюдать следующие правила:

- сформулированная цель должна иметь средства и ресурсы для обеспечения ее реализации;
- при декомпозиции целей необходимо придерживаться условий полноты сокращения, т.е. количества подцелей (задач более низкого уровня) каждой цели должно быть достаточно для ее достижения;
- вершины более высокого уровня системы, в свою очередь, являются целями для вершин более низких уровней;
- разработка дерева целей продолжается до тех пор, пока человек, выполняющий задачу, не получит все средства для достижения общей цели.

Следовательно, дерево целей может быть использовано для достижения эффективности информационной поддержки процессов управления [11], разработки, принятия и контроля управленческих решений.

Для достижения главной цели необходимо ее конкретизировать. Основной целью в нашем случае является внедрение разработанной системы «умный дом» [12]. Чтобы достичь поставленной цели, необходимо выполнить ряд подзадач, представленных на рис. 2:

- Создание интерфейса для управления. Чтобы выполнить эту задачу, необходимо выполнить следующие шаги: разработать веб-приложение и создать мобильное приложение;
- Создание сервиса для управления устройствами. Эта подзадача включает в себя реализацию интерфейсов доступа для всех возможных устройств;
- Создание сервиса управления видеоданными. Содержит следующие подцели: разработка нейронной сети для распознавания людей и организация базы данных для обработки и хранения информации.
- Создание службы авторизации.

Для лучшего понимания процессов, которые обеспечивают взаимодействие системы с окружающей средой и происходят непосредственно внутри самой системы, необходимо построить UML-диаграмму, позволяющую графически показать различные процессы и подходы работы с системой и, соответственно, выявить возможные недостатки. Унифицированный язык моделирования (Unified Modeling Language, UML) – это стандартный язык визуального моделирования, предназначенный для моделирования бизнеса и аналогичных процессов, а также анализа, проектирования и внедрения программных систем [13]. Диаграммы стандарта UML используются для описания, инструктирования, проектирования и документирования существующих или новых

бизнес-процессов, структуры и поведения программных систем. UML может быть применен в самых разных сферах деятельности [14, 15].

Чтобы понять архитектуру сервиса, взаимосвязи между классами и интерфейсами, а также процессы их взаимодействия необходимо построить диаграмму классов сервиса. Безопасность системы «умный дом» – одна из важнейших задач, так как потеря контроля над службами, управляющими событиями во всем доме, может быть крайне опасна. При разработке диаграммы классов сервиса необходимо учесть данную специфику системы.



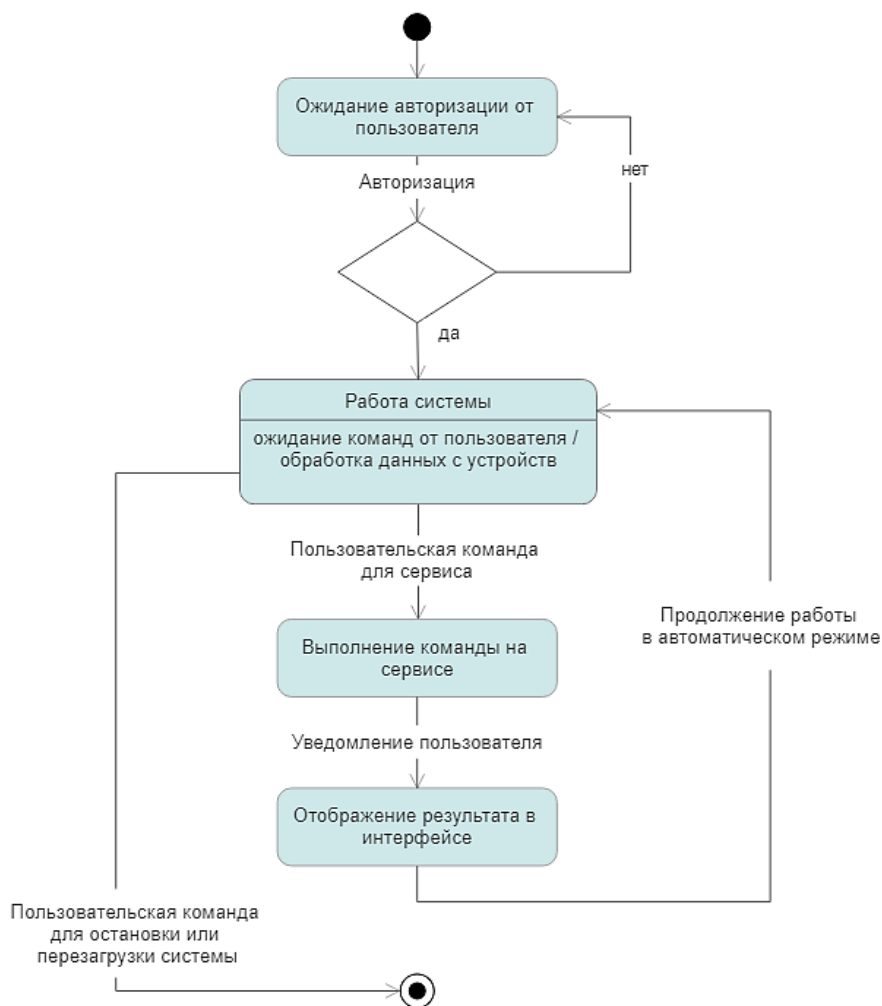
Рисунок 2. Дерево целей

Следующим шагом является рассмотрение возможного взаимодействия пользователей с системой. Этот функционал рассматривается в диаграмме вариантов использования, которая описывает возможные варианты использования системы (как черный ящик) с точки зрения пользователя. Как видно из диаграммы (рис. 3) у пользователя есть множество различных вариантов функциональности для работы с системой. Этими опциями могут быть регистрация или авторизация, вызов команд, добавление новых устройств или просмотр отчетов о работе устройств, сохраненных сервисом.



**Рисунок 3.** Диаграмма вариантов использования

Для лучшего понимания и отладки проектируемой системы «Умный дом» построена диаграмма состояний (рис. 4). Диаграмма показывает все возможные состояния, в которых система может находиться в определенный момент времени, что может существенно помочь в тестировании системы. На диаграмме показано, что после запуска система будет работать автоматически, одновременно получая задачи от пользователя и выполняя их, а также отслеживая и отображая информацию об изменениях в системе. Остановка или перезапуск системы возможны только после обязательной команды пользователя.



**Рисунок 4.** Диаграмма состояния системы

Следующий этап это построение диаграммы последовательности, которая позволит увидеть логическую последовательность всех запросов и процессов внутри системы. Эта диаграмма будет особенно актуальна при разработке службы авторизации, которая требует чрезвычайно высокой четкости и стабильности операций. Например, существует несколько различных сценариев развития событий, в зависимости от того, смог ли пользователь авторизоваться в системе или нет. Эта информация поможет в дальнейшем при тестировании и поддержке пользователей системы.

После разработки системы ее необходимо развернуть и запустить. Для того чтобы лучше понять оптимальную инфраструктуру, необходимо построить схему развертывания. Система может быть развернута на двух серверах – веб-сервере для служб и еще одном сервере для баз данных. Графические интерфейсы для доступа пользователей могут быть созданы в виде веб-сайта или мобильного приложения в зависимости от устройства управления системой «умный дом».

Итак, диаграммы UML помогают увидеть систему с разных сторон, лучше понять принципы ее работы и способы ее использования. Диаграмма потока данных (Data Flow Diagrams, DFD) показывает, как система взаимодействует с окружающей средой, и как

данные обрабатываются в системе с точки зрения входов и выходов [16, 17].

Основное внимание уделяется потоку информации, какие данные попадают в систему, куда они идут и как они в конечном итоге будут сохранены. Диаграмма потока данных - это визуальное представление перемещение данных любого процесса или информационного потока в системе. Отображая поток данных процедуры или метода, DFD помогает лучше понять исследуемый процесс или систему, изучить его потоки и улучшить их. Кроме того, такая диаграмма предназначена для того, чтобы помочь внедрить новую стратегию или технику. DFD может варьироваться от простого представления до сложных детализированных отображений системы.

Сначала строим контекстную диаграмму, на которой изображены внешние потоки данных, поступающие в систему и возвращающие из нее информацию (рис. 5). Основываясь на схеме, система получает команды пользователя с помощью видеокamer/персонального голосового помощника и собирает пользовательские данные для дальнейшей обработки. Пользователь через графический интерфейс устройств, голосовое управление и прямое управление возвращает информацию о событиях, состоянии системы и процессе.

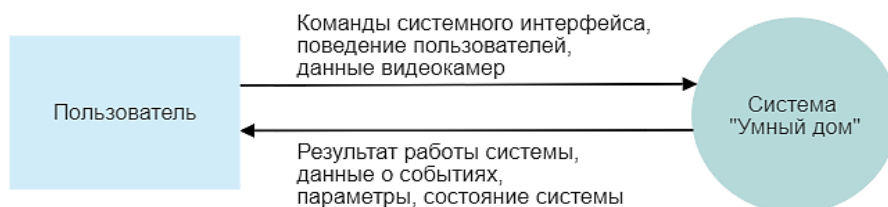


Рисунок 5. Контекстная диаграмма системы «Умный дом»

Первым шагом является построение диаграммы первого уровня – декомпозиции, которая по-прежнему является общим обзором, но в нее вкладывается больше деталей, чем в контекстную диаграмму. Это даст более подробную информацию о методах и потоках внутри системы. На диаграмме (рис. 6) можно наблюдать потоки передачи и процессы обработки данных, которые соединяют основные функциональные части системы.

Вторым шагом будет разложение каждого из этих процессов по отдельности. Диаграммы разбивают процессы на более подробные подпроцессы. Теоретически DFD может выходить за пределы уровня 3, но это редкость. Диаграммы потоков данных уровня 3 довольно сложны, поэтому обычно не имеет смысла разбивать их на детали. Таким образом, благодаря декомпозиции всех основных процессов в системе стало возможным выполнить более детальный обзор и анализ подпроцессов этой системы.

Основными задачами при проектировании и разработке системы будут выбор правильной архитектуры системы, определение характеристик системы и модели ее функционирования. Необходимо указать требования к каждому сервису, а также к инфраструктуре и бизнес-логике разрабатываемой системы для успешного выбора методов решения задачи. В первую очередь необходимо определить требования к архитектуре системы, так как после начала разработки изменение архитектуры будет крайне сложной задачей.



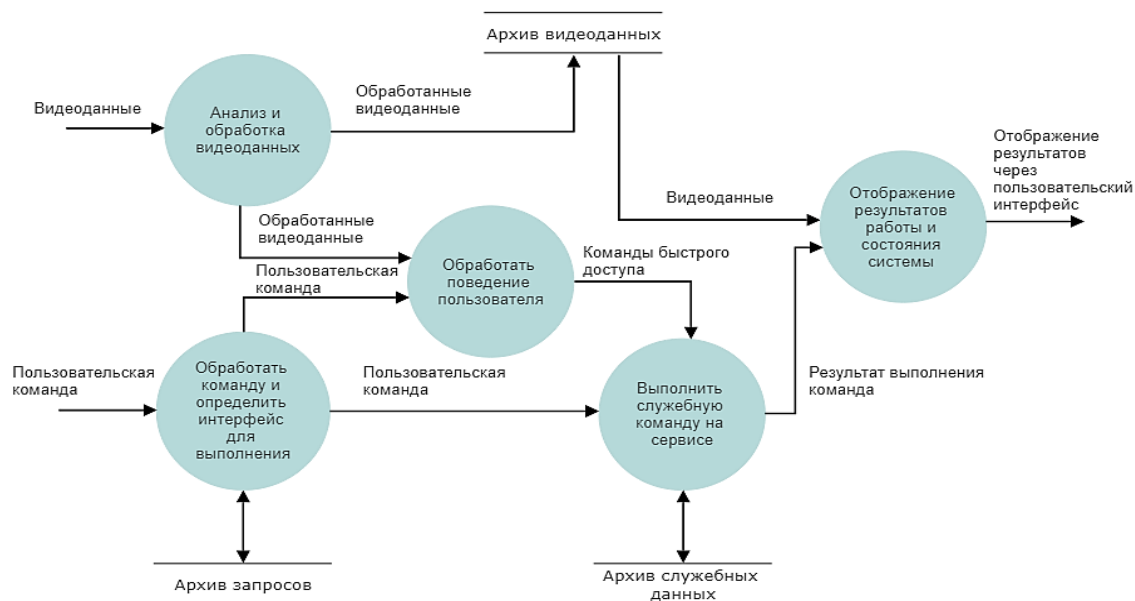


Рисунок 6. Диаграмма первого уровня декомпозиции

Основным требованием к архитектуре будет независимость отдельных задач, ведь помимо тяжелых интеллектуальных решений (с точки зрения программных ресурсов) еще будут работать сервисы для других компонентов системы. Зависимость всех частей между собой может привести к значительным зависаниям продукта и длительным задержкам в ожидании ответа пользователя. Лучшим решением в этом случае будет микросерверная архитектура, при которой все сервисы системы (определенные функциональные блоки системы, разделенные по назначению бизнес-логики) будут функционировать независимо и связываться друг с другом только в случае необходимости.

Следующим шагом является выбор методов решения этих проблем.

Для построения моделей управления и принятия решений необходима информация различного типа. Доступная статистическая количественная информация, как правило, скудна. Экспериментальных данных тоже не бывает слишком много. Основным источником информации являются люди (пользователи, эксперты, лица, принимающие решения). Обычно человеку легче предоставить необходимые данные неофициально или устно, при качественном описании и оценке (так называемая мягкая информация). Этим требованиям наилучшим образом отвечает разработанный Саати метод аналитический иерархии (Analytic Hierarchy Process) [18]. Представляет метод организации и анализа сложных решений с использованием математики и психологии.

Цель метода заключается в поддержке принятия многоцелевых многокритериальных решений при выборе одного из многих объектов (решений, стратегий и т.д.).

Для решения практических вопросов, когда необходимо учитывать качественные характеристики альтернатив при принятии решений, важно формализовать проблему и проанализировать весомое влияние атрибутов на оптимальный выбор решения.

Выбор многоцелевого многокритериального решения (стратегии) рассматривается как поэтапное определение приоритетов целей и критериев. Необходимо обратить внимание, что человек обладает двумя характеристиками аналитического мышления: первая – способность наблюдать и анализировать результаты наблюдений, вторая – способность устанавливать взаимосвязи, оценивая плотность этих взаимосвязей, а затем синтези-

ровать эти взаимосвязи в общем восприятии наблюдателя. Это дает представление о принципе идентичности и декомпозиции, принципах различения, сравнительного суждения и синтеза, на которых основан метод аналитической иерархии.

*Результаты и их обсуждения.* С момента использования микросервисной архитектуры одной из самых больших проблем является связь между сервисами. Это связано с тем, что микросервисная архитектура состоит из отдельных, слабо связанных компонентов-сервисов, каждый из которых можно разрабатывать, развертывать, эксплуатировать, изменять и развертывать повторно, не нарушая работу других сервисов и целостность приложения. Эту проблему можно будет решить с помощью процесса аналитической иерархии.

Выделим пять критериев для выбора альтернативы создания оптимальной связи между системными службами. Альтернативами в нашем случае выберем 4 из возможных протоколов транспортного уровня – это будут TCP, UDP, RTP и SCTP. Эти протоколы являются популярными и лучше всего подходят для задач передачи данных в разрабатываемой системе «умный дом». Выберем для анализа 5 критериев, каждый из которых будет содержать различные показатели по выбранным 4 альтернативам (рис. 7).

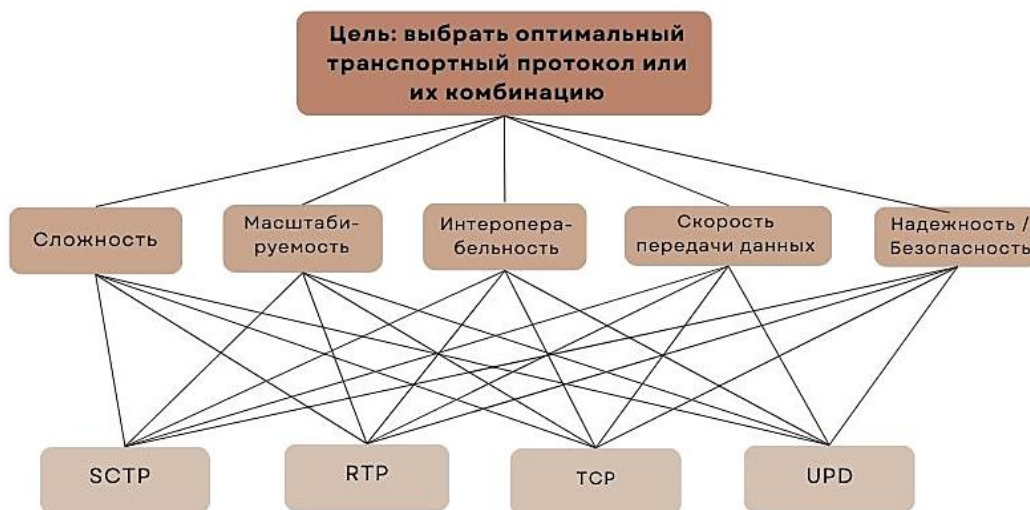


Рисунок 7. Структурирование проблемы

Необходимо осуществить попарные сравнения критериев друг с другом, а затем сравнить альтернативу по каждому критерию.

Первым шагом был сбор данных путем сравнения всех показателей на каждом уровне иерархии. Для достижения этой цели в данном исследовании был разработан опросник, основанный на сравнительной шкале Саати [19]. Шкала варьировалась от одного до девяти, что в целом является достаточным диапазоном для попарных сравнений. Эта шкала количественно определяет превосходство каждого элемента над другими элементами в иерархии. Матрица оценки формируется в соответствии с решением лица, принимающего решения. Это используется для вычисления приоритета элемента. В табл. 1 приведен результат парных сравнений, который определяется шкалой важности.

Формула для расчета весового коэффициента определяет, насколько определенный критерий имеет приоритет перед другими критериями. Чем больше значение весового коэффициента, тем выше приоритет данного критерия. Весовой коэффициент

рассчитывается по следующей формуле:

$$BK = \frac{BP_i}{\sum_{i=1}^n BP_i}, \quad (1)$$

где  $BP_i$  – вектор приоритетов  $i$ -го критерия.

Расчет вектора приоритетов выполняется с использованием следующей формулы:

$$BP = \sqrt[n]{a_1 * a_2 * \dots * a_n}, \quad (2)$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – построчные значения по каждому критерию;  $n$  – количество критериев.

**Таблица 1.** Матрица парных сравнений

Критерий	Сложность	Масштабируемость	Интероперабельность	Скорость передачи данных	Надежность/Безопасность	Сумма	Собственный вектор	Весовой критерий
Сложность	1	2	3	4	5	120	2,61	0,42
Масштабируемость	1/2	1	1/5	3	4	12	1,65	0,27
Интероперабельность	1/3	1/2	1	2	3	1	1	0,16
Скорость передачи данных	1/4	1/3	1/2	1	2	0,08	0,61	0,1
Надежность / Безопасность	1/5	1/4	1/3	1/2	1	0,008	0,38	0,06
Итого	2,28	4,08	6,83	10,5	15	133,088	6,24	1

Для проверки согласованности суждений рассчитывается отношение согласованности:

$$OC = \frac{IC}{CC} * 100 \%, \quad (3)$$

где  $IC$  – индекс согласованности;  $CC$  – согласованность суждений.

Расчет индекса согласованности выполняется с использованием формулы:

$$IC = \frac{(b_1 * BK_1 + b_2 * BK_2 + \dots + b_n * BK_n) - n}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i * BK_i - n}{n-1} = \frac{\lambda - 1}{n-1} \quad (4)$$

где  $b_i$  – итоговые значения  $i$ -го критерия;  $\lambda$  – максимальное собственное число матрицы;  $n$  – количество критериев

$$IC = \frac{(2,28 * 0,42 + 4,08 * 0,26 + 6,83 * 0,16 + 10,5 * 0,10 + 15 * 0,06) - 5}{5 - 1} = 0,02$$

Согласованность суждений ( $CC$ ) зависит от порядка матрицы и в нашем случае 0,9.

Если  $OC \leq 10 \% \div 20 \%$ , то в матрице парных сравнений нет ошибок. В нашем случае данный параметр составляет 2,2 %, что говорит о выполнении условия.

Затем проводится попарное сравнение четырех протоколов «TCP», «UDP», «RTP» и «SCTP» по каждому критерию, аналогично составлению матрицы парных сравнений. Отличие заключается в том, что каждый протокол сравнивается по каждому критерию. Затем определяются весовые коэффициенты протоколов для каждого критерия и рассчитываются отношения согласованности.

Рейтинг протоколов вычисляется по следующей методике:  
для протокола «SCTP»:

$$0,06 * 0,42 + 0,29 * 0,26 + 0,6 * 0,16 + 0,15 * 0,1 + 0,3 * 0,06 = 0,21$$

для протокола «RTP»:

$$0,16 * 0,42 + 0,08 * 0,26 + 0,14 * 0,16 + 0,06 * 0,1 + 0,58 * 0,06 = 0,12$$

для протокола «TCP»:

$$0,48 * 0,42 + 0,05 * 0,26 + 0,21 * 0,16 + 0,64 * 0,1 + 0,08 * 0,06 = 0,31$$

для протокола «UDP»:

$$0,29 * 0,42 + 0,57 * 0,26 + 0,05 * 0,16 + 0,15 * 0,1 + 0,05 * 0,06 = 0,29$$

Итоговые результаты приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Расчетные показатели рейтинга протоколов

Протоколы	Сложность	Масштабируемость	Интероперабельность	Скорость передачи данных	Надежность/Безопасность	Рейтинг протоколов
SCTP	0,06	0,29	0,6	0,15	0,3	0,21
RTP	0,16	0,08	0,14	0,06	0,58	0,12
TCP	0,48	0,05	0,21	0,64	0,08	0,31
UDP	0,29	0,57	0,05	0,15	0,05	0,29
Вес критерия	0,42	0,26	0,16	0,1	0,06	

Согласно расчетам, в табл. рейтингов протоколов TCP занимает первое место с рейтингом 0,31.

Таким образом, применяя метод аналитической иерархии нами установлено, что наиболее привлекательным является вариант организации связи в микросервисной архитектуре проектируемой системы домашней автоматизации протокол транспортного уровня TCP.

*Заключение.* С помощью трех различных методов анализа, а именно – дерева целей, контекстных диаграмм и метода аналитической иерархии, была рассмотрена и проанализирована система «Умный дом». Описание системы рассматривалась с использованием UML-диаграмм. Аналитика проводилась с помощью метода аналитической иерархии, и были определены наивысшие приоритеты и альтернативы, а также определен оптимальный способ распределения программных и аппаратных ресурсов между ними. Применяя метод аналитической иерархии, обоснован наиболее привлекательный вариант организации связи в микросервисной архитектуре проектируемой системы домашней автоматизации – протокол TCP. Данный протокол будет использоваться для взаимодействия бытовых интеллектуальных устройств при дальнейшей разработке прототипа системы «Умный дом».

## Список литературы

1. Marikyan D., Papagiannidis S., Alamanos E. A systematic review of the smart home literature: A user perspective // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2019. – Vol. 138. – Issue C. – P. 139-154.
2. Abhinesh S., Sandra M., Shilpa S., Indu V., Nair S. Smart Home Management // *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering*. – 2023. – Vol. 12. – Issue 6.
3. Shen Haijie. Digital Transformation of the Smart Home Industry. In book: *Innovative Computing Vol 1 - Emerging Topics in Artificial Intelligence*, 2023. doi:10.1007/978-981-99-2092-1\_45.
4. Fernandes B., Peleshchak R., Shcherbak S. A Smart Home System Development // *Advances in Intelligent Systems and Computing IV*. – 2020. – Vol.1080 – P. 804-830. Doi:10.1007/978-3-030-33695-0\_54.
5. Дәуренов Е.Д., Григорьева С.В. Системы голосового управления для умного дома // *Материалы VIII Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана», 2022. – Часть IV. – С. 65-68.*
6. Sivapriyan R, Rao K.M., Harijyothi M. Literature Review of IoT based Home Automation System // *2020 Fourth International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*. doi:10.1109/icisc47916.2020.9171149.
7. Danbatta S.J., Varol A. Comparison of Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, and Bluetooth Wireless Technologies Used in Home Automation // *2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)*. doi:10.1109/isdfs.2019.875747.
8. Phan L.-A., Kim T. Breaking Down the Compatibility Problem in Smart Homes: A Dynamically Updatable Gateway Platform // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20(10), 2783. doi:10.3390/s20102783.
9. Макрусев В.В. Основы системного анализа: Учебник. – 2-е изд., дополненное и переработанное / В.В. Макрусев. – Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2022. – 250 с.
10. Ялбуева Н.Р., Вакушин М.В. Принципы и проблемы системного анализа // *Материалы XIII международной научно-практической конференции «Инновации в науке и практике»*. – 2018. – Том 2(5). – С. 47-50.
11. Lipyanina H., Sachenko A., Lendyuk T., Nadvynychny S., Grodskyi S. Decision tree based targeting model of customer interaction with business page // *Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems, Ukraine, April 27-May 1, 2020*. – P. 1001-1012.
12. Дәуренов Е.Д., Григорьева С.В. Применение метода дерева целей при проектировании «Умного дома» // *Материалы IX Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана», 2023. – Часть IV – С. 84-88.*
13. Zelinski J. Diagrams in UML Notation, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/371911894\\_Diagrams\\_in\\_UML\\_Notation#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/371911894_Diagrams_in_UML_Notation#fullTextFileContent)
14. Sergei Shcherban, Peng Liang, Zengyang Li, Chen Yang. Multiclass Classification of UML Diagrams from Images Using Deep Learning // *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 2021. doi:10.1142/S0218194021400179.
15. Ciccozzi, F., Malavolta, I., Selic, B. Execution of UML models: a systematic review of research and practice // *Softw Syst Model*. – 2019. – № 18. – P.2313–2360. doi.org/10.1007/s10270-018-0675-4.
16. Kharmoum N., Rhalem W., Retal S., Elbouchti K., Ziti S. Getting the UML's Behavior and Interaction Diagrams by Extracting Business Rules Through the Data Flow Diagram // *International Conference on Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development (AI2SD 2020)*. – 2022.– P. 540-547.
17. Никитина И.С. Использование диаграмм потоков данных для представления предметной области // *Вестник современных исследований*. – № 7.1(22). – 2018. – С. 324-328.
18. Ho William, Ma Xin. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process // *European Journal of Operational Research*. – 2018. – Vol. 267. – Issue 2. – P. 399-414.
19. Безбородова А.Ю., Рыбанов А.А. Исследование и поиск решений автоматизации выбора мобильных приложений // *Научное обозрение*. – 2019. – № 3. – С. 15-18.

## References

1. Marikyan D., Papagiannidis S., Alamanos E. A systematic review of the smart home literature: A user perspective // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2019. – Vol. 138. – Issue C. – P. 139-154.

2. Abhinesh S., Sandra M., Shilpa S., Indu V., Nair S. Smart Home Management // International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering. – 2023. – Vol. 12 Issue 6.
  3. Shen Haijie. Digital Transformation of the Smart Home Industry. In book: Innovative Computing Vol 1 - Emerging Topics in Artificial Intelligence, 2023. doi:10.1007/978-981-99-2092-1\_45.
  4. Fernandes B., Peleshchak R., Shcherbak S. A Smart Home System Development // Advances in Intelligent Systems and Computing IV. – 2020. – vol.1080 – R. 804-830. doi:10.1007/978-3-030-33695-0\_54.
  5. Dәurenov E.D., Grigor'eva S.V. Sistemy golosovogo upravleniya dlya umnogo doma // Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, magistrantov i molodyh uchenyh «Tvorchestvo molodyh – innovacionnomu razvitiyu Kazahstana», 2022. – CHast' IV. – S. 65-68.
  6. Sivapriyan R, Rao K. M., Harijyothi M. Literature Review of IoT based Home Automation System // 2020 Fourth International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC). doi:10.1109/icisc47916.2020.9171149.
  7. Danbatta S.J., Varol A. Comparison of Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, and Bluetooth Wireless Technologies Used in Home Automation // 2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS). doi:10.1109/isdfs.2019.875747.
  8. Phan L.-A., Kim T. Breaking Down the Compatibility Problem in Smart Homes: A Dynamically Updatable Gateway Platform // Sensors. – 2020. – vol. 20(10), 2783. doi:10.3390/s20102783.
  9. Makrusev V.V. Osnovy sistemnogo analiza: Uchebnik. – 2-e izd., dopolnennoe i pererabotannoe. / V.V. Makrusev. – Sankt-Peterburg: Troickij most, 2022. – 250 s.
  10. YAlbueva N.R., Vakushin M.V. Principy i problemy sistemnogo analiza // Materialy XIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacii v nauke i praktike», 2018. – Tom 2(5). – S. 47-50.
  11. Lipyanina H., Sachenko A., Lendyuk T., Nadvynychny S., Grodskiy S. Decision tree based targeting model of customer interaction with business page // Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems, Ukraine, April 27-May 1, 2020. – P. 1001-1012.
  12. Dәurenov E.D., Grigor'eva S.V. Primenenie metoda dereva celej pri proektirovanii «Umnogo doma» // Materialy IH Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, magistrantov i molodyh uchenyh «Tvorchestvo molodyh – innovacionnomu razvitiyu Kazahstana», 2023. – CHast' IV – S. 84-88.
  13. Zelinski J. Diagrams in UML Notation, 2023 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://www.researchgate.net/publication/371911894\\_Diagrams\\_in\\_UML\\_Notation#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/371911894_Diagrams_in_UML_Notation#fullTextFileContent)
  14. Sergei Shcherban, Peng Liang, Zengyang Li, Chen Yang. Multiclass Classification of UML Diagrams from Images Using Deep Learning // International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 2021. doi:10.1142/S0218194021400179.
  15. Ciccozzi, F., Malavolta, I., Selic, B. Execution of UML models: a systematic review of research and practice // Softw Syst Model. – 2019. – №18. – R. 2313–2360. doi.org/10.1007/s10270-018-0675-4.
  16. Kharmoum N., Rhalem W., Retal S., Elbouchti K., Ziti S. Getting the UML's Behavior and Interaction Diagrams by Extracting Business Rules Through the Data Flow Diagram // International Conference on Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development (AI2SD 2020). – 2022. – P. 540-547.
  17. Nikitina I.S. Ispol'zovanie diagramm potokov dannyh dlya predstavleniya predmetnoj oblasti // Vestnik sovremennyh issledovanij. – № 7.1 (22). – 2018. – S. 324-328.
  18. Ho William, Ma Xin. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process // European Journal of Operational Research. – 2018. – Vol. 267. – Issue 2. – P. 399-414.
  19. Bezborodova A.YU., Rybanov A.A. Issledovanie i poisk reshenij avtomatizacii vybora mobil'nyh prilozhenij // Nauchnoe obozrenie. – 2019. – № 3. – S.15-18.
- 
-