



buildings

Serrano, W. Smart or Intelligent Assets or Infrastructure: Technology with a Purpose. Buildings 2023, 13, 131.
<https://doi.org/10.3390/buildings13010131>
<https://doi.org/10.3390/buildings13092198>

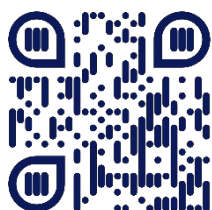
Статья опубликована: 29 августа 2023 г.

Эта статья относится к спецвыпуску «Роль новых технологий в умном городе, инфраструктуре и недвижимости»

Тема статьи: Интеллектуальные или умные активы или инфраструктура



РЕНЕССАНС



Сигнальный перевод подготовлен экспертом рабочей группы:
Куприяновский В.П. v.kupriyanovsky@rut.digital 2023 г.



Рабочая группа по сквозным цифровым технологиям
Совета по финансово-промышленной и инвестиционной политике
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

При поддержке:

NEW REALITY

immersive technologies

Абстракт

Интеллектуальные или умные построенные активы, включая инфраструктуру, здания, недвижимость и города, предоставляют расширенные функциональные возможности своим различным пользователям, таким как жильцы, пассажиры, потребители, пациенты, менеджеры или операторы. Эта расширенная функциональность, обеспечиваемая Интернетом вещей (IoT), искусственным интеллектом (ИИ), большими данными, мобильными приложениями, виртуальной реальностью (VR) и 5G, не только обеспечивает превосходный пользовательский интерфейс; Технология также поддерживает устойчивость и энергопотребление в соответствии с нормами (ESG, NZC), оптимизируя управление активами и операции для повышения экономической эффективности бизнеса. Основная особенность заключается в том, что технология стандартизирована, повсеместна и независима от физических построенных активов, тогда как пользователи активов, включая людей, машины и устройства, также являются общими для разных активов. В этой статье анализируются атомарные различия между построенными активами и предлагается модель комплексного управления активами, основанная на микроуправлении услугами, которая будет поддерживать макрофункциональность актива. Предлагаемая ключевая концепция основана на стандартизации различных активов на основе общих и специфических функций и услуг, предоставляемых стеком технологий, который уже поддерживает переход к Индустрии 5.0 на основе Web 3.0 и токенизации.

Ключевые слова: *многоцелевые активы; управление активами; умная инфраструктура; умные здания*

1. Введение

Инфраструктура необходима для оперативной организации, общества и страны. Активы имеют решающее значение в повседневной жизни различных обществ, оказывая существенное социальное, экологическое и экономическое воздействие с точки зрения капиталовложений, занятости, качества жизни, ресурсов, энергии и услуг.

Традиционно активы разрабатывались и создавались с независимыми целями, отвечающими конкретным потребностям бизнеса и пользователей. Такой разрозненный физический подход адаптируется к тенденции объединения различных функций или целей в одну и ту же физическую инфраструктуру. Основная причина — диверсификация бизнеса и инвестиции для создания автономных кластеров услуг. Офисы и отели сходятся в своих предложениях по работе и гостеприимству, а также фабрики и склады в использовании промышленных площадей и роботов. Транспорт также представляет собой аналогичный подход: железнодорожные станции предоставляют пассажирам услуги питания и магазинов, тогда как аэропорты включают в себя кинотеатры и другие места для отдыха. Здания превращаются в вертикальные города с отелями, садами, жилыми квартирами и коммерческими объектами, разбросанными по разным этажам, и общественным транспортом под ними. Дома и больницы также смешиваются на основе до и после лечения пациентов-людей.

Это слияние функциональности и назначения созданного актива заставляет его пользователей одновременно играть разные роли, поскольку один и тот же пользователь может быть пассажиром, пациентом, офисным работником или посетителем ресторана. Однако его взаимодействие со встроенным активом, пользовательский опыт и путешествие будут отличаться в зависимости от их конкретных потребностей. В дополнение к пользователям-людям Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (ИИ) привносят

устройства, машины и роботов в качестве дополнительных пользователей с потребностями, отличными от интеллектуальных активов. Окончательная цифровизация или виртуализация физических активов — это метавселенная, в которой физические ограничения подавляются.

Технология предоставляет услуги различным пользователям актива, не только подключение, но и расширенную функциональность, контроль и управление. Подход к цифровым вычислениям, основанный на туманных, граничных и облачных вычислениях, также эмулируется в пользовательский опыт физических активов. Пользователи принимают решения и взаимодействуют с различными активами, чтобы предоставить или получить необходимую услугу, прежде чем физически путешествовать через мобильные приложения или виртуальную реальность. Хотя услуги специфичны, сама технология стандартизирована, повсеместна и не зависит от физических активов. Примеры включают общие стандарты для 5G, Wi-Fi 6 и локальных сетей (LAN), передающих информацию между пользователями и системами. Системы безопасности, здания и информационные системы, обеспечивающие функциональность различных пользователей актива, также не зависят от актива, поскольку разные активы также могут иметь одни и те же системы и устройства.

Стоимость всего жизненного цикла многоцелевого актива (WLC), от экономического обоснования, проектирования и закупок до управления многоцелевыми активами и их эксплуатацией, предоставляется в соответствии с комбинацией моделей обслуживания либо непосредственно владельцем актива, либо с привлечением третьих сторон. Обычно владение активами, закупки, управление и операции осуществляются независимыми организациями, специализирующимися на обслуживании на основе масштаба рынка, основанного на обслуживании многочисленных клиентов в течение определенного времени, чтобы быть конкурентоспособными. Ключевые вызовы для владельцев активов, Управление и операции включают регулирование, основанное на экологических, социальных и управленческих принципах (ESG), Net Zero Carbon (NZC), экономических факторах бизнеса, рыночной конкуренции, управлении цепочками поставок и кибербезопасности. Кроме того, долгосрочные и краткосрочные цели организации не обязательно поддерживают друг друга или совпадают с целями или бюджетами различных отделов, например, кибербезопасность или бюджет. Различные решения для решения этих проблем уравнивают сложность организации и зрелость бизнеса на основе баланса между затратами, повышением эффективности обслуживания, безопасностью и рисками.

Управление активами (AM) предоставляет комплексные междисциплинарные услуги, поскольку оно основано на стандартизированных и контролируемых процессах, специальном руководстве, квалифицированных человеческих ресурсах, эффективном управлении информацией и организационной интеграции между управленческими, операционными и техническими отделами, которая уравнивает долгосрочные и краткосрочные цели. Организации принимают стандарт управления активами серии ISO 55000 для повышения эффективности и использования активов, обращая внимание на чувство ценности для организаций, их акционеров и заинтересованных сторон.

На основе многофункциональных активов со стандартизированными технологиями и общими пользователями, где собственность, закупки, управление и операции имеют эквивалентные цели и задачи, главный вопрос заключается в том, что отличает эти активы или что определяет актив; эквивалентно тому, что определяет человека.

1.1. Предложение исследования

В этой статье предлагается модель всеобщего управления активами, основанная на микроуправлении услугами, в которой атомарные функциональные особенности между различной построенной инфраструктурой или активами включены в модель. Эти функциональные различия охватывают пользователей, пространства, управление и технологии. Ключевая концепция основана на стандартизации различных активов или инфраструктуры на основе общей и специфической многофункциональной функциональности и микросервисов, которые будут поддерживать макрофункциональность актива. Эта стандартизация обеспечивается стеком технологий, который уже поддерживает переход к Индустрии 5.0 на основе Web 3.0 и токенизации. Технологии распределенного реестра (DLT) и созданные ими новые модели управления бизнесом ставят людей и машины в центр трансформации экономических активов. Предлагаемая модель управления активами основана на децентрализованной автономной организации (DAO) с последствиями для роли посредников в управлении активами.

1.2. Структура исследования

В разделе 2 этой статьи представлен обзор литературы по различным моделям управления активами, включая приложения цифровых технологий, модели данных, искусственный интеллект, блокчейн и устойчивость. В Разделе 3 представлен обзор управления активами. Раздел 4 определяет функциональную модель всеобщего управления, основанную на микроуправлении услугами для пользователей, пространств, управления и технологий. В разделе 5 представлено подробное представление об интеллектуальных или интеллектуальных активах или инфраструктуре с технологической точки зрения. Раздел 6 содержит общее обсуждение требований, решений, ESG и NZC. Кибербезопасность, гибридная работа, собственные и аутсорсинговые услуги, локальные и облачные технологии. Наконец, в Разделе 7 представлены выводы этой статьи.

2. Предыстория исследования

2.1. Модели

Моделирование в АМ широко охватывает методы, которые поддерживают процесс принятия решений, и целостные таксономии, которые делят актив на различные функциональные компоненты (рис. 1).

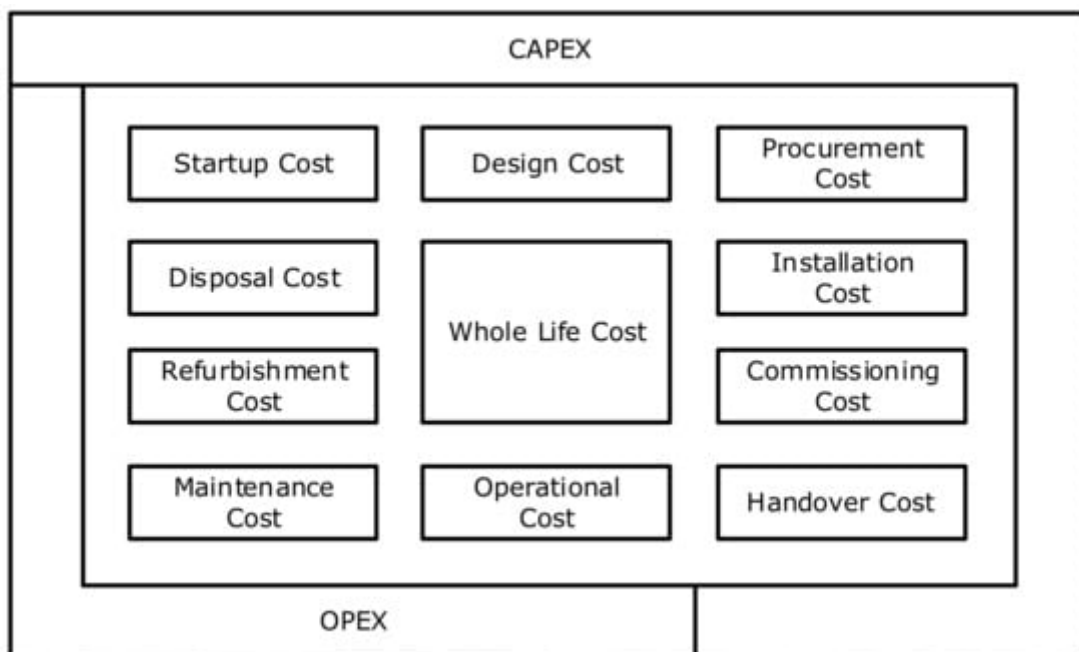


Рисунок 1. Стоимость всей жизни.

WLC инженерных активов, включая их роль в рамках организационной и конкурентной стратегии, включает в себя задачи контроля и планирования для поддержания процесса контроля и взаимосвязи с методом разработки стратегии, когда упущенные или несовершенные элементы модели оказывают нежелательное влияние на стоимость, производительность, качество и деловые достижения [1]. Модели АМ и бизнес-эффективности помогают организациям принимать более эффективные решения об инвестициях в инфраструктуру и повышать отдачу от бизнеса за счет разработки графика взаимосвязей между системами АМ, основными процессами АМ и моделями зрелости АМ с помощью показателей эффективности активов (API) и показателей эффективности бизнеса (KPI).) [2]. Ориентированная на регулирование модель управления активами (AM-RoM), основанная на стандартах ISO 31000:2018 (руководство по управлению рисками) и ISO 55001:2014 (управление активами), поддерживает решения, основанные на соблюдении нормативно-правовой базы [3]. Концептуальная модель высокого уровня для лиц, принимающих решения в инфраструктурных организациях, основана на структурированном понимании ценности; модель учитывает влияние ментальных и мотивационных предубеждений, таких как организационные цели и потребности и ожидания заинтересованных сторон, в дополнение к сложности операционных и бизнес-контекстов [4]. Оценка обслуживания для АМ и принятия решений распределяет ограниченный бюджет на долгосрочный план технического обслуживания и реабилитации на основе оценки уровня обслуживания. д [5]. Динамическая аналитическая структура для отказоустойчивого АМ расширяет установленный традиционный АМ для проверки функциональности WLC в будущем и согласовывает задачи обслуживания, ремонта или реабилитации, связанные с модернизацией повышения отказоустойчивости [6]. Эмпирическая структура помогает производственным компаниям внедрять АМ на основе ценности, стремясь к совершенству в работе, где ключевым критерием принятия решения является ценность, которую активы приносят организации [7]. Модель поддержки принятия решений АМ отдает приоритет активам, которые требуют дополнительного обслуживания или полной замены, путем прогнозирования их выдающегося срока службы и последствий отказа [8].

Метамодель для многофункциональных активов управляет всем активом и определяет объекты, их отношения и поток эволюции через свой WLC [9]. Сложная система АМ анализируется с точки зрения времени и пространства, чтобы обеспечить каждый аспект и контроль на трех уровнях: организационная структура, правила и положения [10]. Комплексный подход к АМ включает в себя весь спектр взаимосвязей и взаимодействий между тремя функциями: временной, организационной и пространственной для разработки модели возможностей и зрелости, которая включает стратегическую перспективу и основу для управления, политики, тактических и оперативных функций [11]. . Интегрированная модель зрелости сочетает в себе передовой опыт и компетенции, включая операционную и техническую стратегию, политику и уровни управления, а также социальные и человеческие ресурсы, чтобы представить эффективный метод оценки способности организаций управлять своими активами [12]. Структура АМ обеспечивает связь между показателями эффективности активов (безопасность, создание ценности, надежность, стоимость), показателями эффективности АМ (планирование, внедрение, мониторинг, анализ, средства реализации) и показателями эффективности организации (KPI) на основе возврата инвестиций. удовлетворенность клиентов, прибыль и сотрудников для трех точек зрения финансов, производительности и риска [13]. Модели WLC подразделяются на три уровня [14]: уровень эксплуатации определяет состояние актива; уровень планирования включает планы

обслуживания; на стратегическом уровне прогнозируются расходы и бюджеты. Практический подход к управлению рисками в инфраструктуре АМ предоставляет эталонную модель, которая выполняет различные требования в разных стандартах посредством трех агрегаций, основанных на событиях и местоположении, сходных событиях и системных рисках [15].

2.2. Цифровой

Были предложены различные цифровые решения для оптимизации процесса АМ с точки зрения пользователей, функциональных компонентов, информации и процессов. Сеть бизнес-зависимости поддерживает инвестиции в цифровые технологии, связывая объективные бизнес-факторы и их результирующие выгоды и ценность по всему WLC актива [16]. Общая инфраструктура АМ разработана на Python как открытая, расширяемая, бесплатно доступная и модульная платформа [17]; модули разрабатываются на основе объектно-ориентированного подхода, который определяет приоритеты активов на основе оптимизированных планов обслуживания, восстановления, реконструкции и оптимизированных графиков мониторинга состояния конструкции для WLC актива. Интегрированная система поддержки принятия решений для АМ занимается систематизацией и координацией данных жизненного цикла с помощью информационных моделей зданий (BIM) и систем управления базами данных, где структура разбивки работ жизненного цикла облегчает интеграцию этапов WLC для АМ и представляет единую иерархию для классификации и организации. строительные активы [18]. Интеллектуальная система обслуживания, основанная на Индустрии 4.0 и методах мониторинга активов, обеспечивает управление информацией, данными, системный анализ, управление знаниями, онлайн-цифровую модель и автоматическое принятие решений [19]. Интеллектуальная платформа АМ делится на саму платформу, модули с различными приложениями и моделями данных в зависимости от конструкции, эксплуатации, обслуживания, запасных частей и материалов [20]; тогда как другая интеллектуальная платформа АМ связывает бизнес-приоритеты в техническом обслуживании и инвестициях [21].

Система управления информацией базы данных основных средств университета на основе Интернета вещей (IoT) использует сервер базы данных SQL, где система управления информацией состоит из четырех уровней: подсистемы, базы, бизнес-уровня и уровня принятия решений [22]. Расширенный проект АМ (Analytics 4 Assets) использует данные и аналитические модели для улучшения расчета индексов работоспособности и вероятности отказа на основе минимально жизнеспособных продуктов, аналитических алгоритмов и индексов работоспособности [23]. Концептуальная модель ИТ-экосистемы, применяемая к общему АМ, основана на трех функциях: оперативном контроле за повседневной деятельностью, тактическом контроле за координацией и планированием задач и стратегическом контроле за анализом и оценкой [24]. Управление ресурсами активов на основе генетических алгоритмов объединяет машинное обучение для профилактического обслуживания в туманных вычислениях для оптимизированной системы поддержки принятия решений в рамках производственной линии [25].

2.3. Данные

Поскольку АМ опирается на информацию, несколько моделей данных и приложений были предложены приложения и модели. Чтобы способствовать поэтапному и итеративному улучшению понимания структурного поведения для методологий интерпретации данных, модели должны реагировать на прозрачные изменения и должны точно обновляться с минимальными дополнительными затратами по мере поступления дополнительной информации [26]. Концептуальная модель, основанная на агентах, поддерживает АМ

посредством разработки инфраструктур данных, которые генерируют надежные данные, предоставляя организациям возможность принимать правильные решения в нужное время [27]. Целостное представление требований к технологическому приложению больших данных и архитектуре его аналитической системы состоит из трех уровней, которые охватывают прием данных, аналитику и визуализацию [28]. Расширяемая модель поддержки инфраструктур данных способна развиваться и способствует успешному внедрению IoT и новых технологий [29]. Структура данных охватывает управление информацией и интеграцию информации в процесс принятия решений AM, чтобы обеспечить решения, ориентированные на ценность, для актива WLC [30].

2.4. Искусственный интеллект

Интеграция ИИ в AM дает преимущества благодаря его WLC. Это включает этап развертывания для проектирования, закупок, установки и ввода в эксплуатацию; этап обслуживания для эксплуатации и обслуживания активов; наконец, выбытие активов для экономики замкнутого цикла и рециркуляция [31]. ИИ приносит пользу на этапе приобретения активов с точки зрения технического и финансового анализа, планирования и мониторинга. Большинство современных инструментов исследований и машинного обучения сосредоточены на отслеживании, исследовании и извлечении активов для интеграции разработки, тогда как современные инструменты машинного обучения также предлагают функции для совместной работы и выполнения рабочих процессов. Направления для новых инструментов и методов машинного обучения включают асинхронное сотрудничество и повторное использование ресурсов [32]. Интегрированный инструмент принятия решений применяет алгоритмы машинного обучения для прогнозирования спроса и математической оптимизации для централизованно планируемого управления активами и их распределения [33].

Глубокое обучение поддерживает устойчивое управление активами за счет изучения сложных функций и картографических систем, обеспечивающих масштабируемость, необходимую для извлечения скрытых представлений важных функций и автоматического обучения на нескольких уровнях абстракции из необработанных данных [34]. Примеры включают обслуживание оборудования, инвентаризацию и цепочку поставок, обнаружение аномалий и прогнозирование будущих состояний. Кластеры управления глубоким обучением поддерживают поиск информации в сложных моделях данных, имитирующих способ принятия решений нашим мозгом [35,36]. Наконец, алгоритмы глубокого обучения с подкреплением изучают, прогнозируют и адаптируются к различным переменным интеллектуальной инфраструктуры, имитирующим живой биологический организм [37].

2.5. Блокчейн

Блокчейн и технологии распределенного реестра (DLT) также предоставляют новые услуги и приложения для AM. Глобальная система управления активами объединяет блокчейны без разрешений и с разрешениями [38]. Блокчейн с разрешениями аутентифицирует регистрацию активов конечного пользователя посредством развертывания смарт-контрактов в блокчейне без разрешений. Приложение для управления межорганизационными бизнес-процессами, а также активами использует блокчейн и методы для регистрации взаимозаменяемых / невзаимозаменяемых активов, условного депонирования для условного платежа и обмена активами [39].

2.6. устойчивость

Устойчивое развитие становится все более актуальным в стратегиях управления активами. Структура устойчивого управления активами, концептуализированная с учетом рисков, жизненного цикла оценки эффективности, политики и стратегии, положительно влияет на результаты деятельности в области устойчивого развития, включая экономические, экологические и социальные показатели [40]. Устойчивая модель измеряет зрелость цифрового двойника для управления активами, формируя систематическое представление о разработке и внедрении цифрового двойника на основе трех измерений модели зрелости: цель, функция и доверие [41].

3. Управление активами

Управление активами относится к организованной методологии и систематическому процессу управления различными элементами, из которых состоит актив, в течение всей его стоимости (WLC). Основными целями являются достижение организационных целей и максимизация стоимости, создаваемой активами. Сохранение и продление срока службы долгосрочных инфраструктурных активов являются важнейшими базовыми элементами поддержания качества жизни в обществе и экономической эффективности. Реализация ценности WLC требует оптимизации как стоимости жизненного цикла, так и ценности, получаемой от активов в течение периода ответственности организации. Это достигается за счет балансировки бюджета между расширенной функциональностью и оптимизированной стоимостью, в которой приоритет отдается рискам, производительности, услугам и устойчивости за счет сочетания таких методов, как управление, финансы и проектирование (рис. 2).

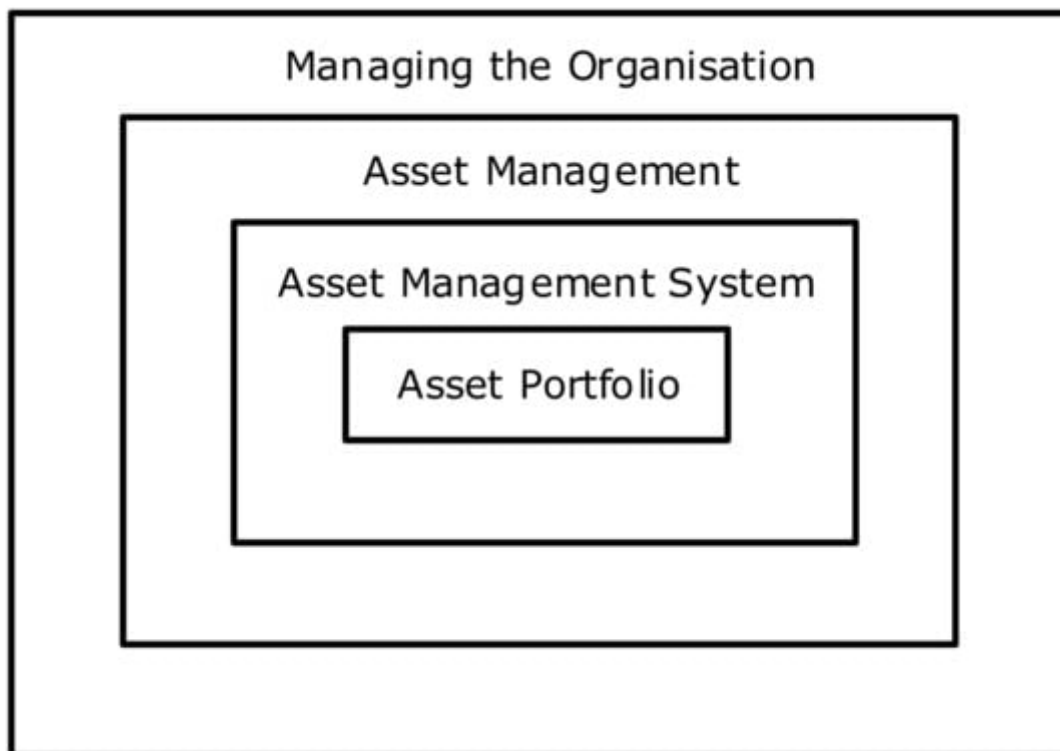


Рисунок 2. ISO 55000.

Процесс обычно делится на несколько этапов в WLC, в основном проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, техническое обслуживание, модернизация и окончательная продажа активов в рамках экономики замкнутого цикла. Ключевые компоненты управления инфраструктурными активами включают [42]:

Определение стандарта обслуживания.

Установление измеримых характеристик производительности активов.

Определение минимального класса состояния.

Разработка стоимостного подхода к управлению активом на протяжении всего срока службы.

Спецификация плана управления активами.

Основная таксономия активов рассматривает их физические свойства, которые отличают их от материальных и нематериальных, тогда как цифровые активы являются границей между ними. Инфраструктурные активы включают в себя физические элементы социального назначения, такие как компоненты собственности, электроэнергия, вода, промышленные и транспортные распределительные системы. ИТ-активы обычно соответствуют оборудованию и программному обеспечению, принадлежащему организации для ведения бизнеса.

Обычные задачи управляющего активами включают взаимодействие с заинтересованными сторонами, управление спросом, управление взаимоотношениями с поставщиками, управление рисками, развитие возможностей, финансовый контроль и управление знаниями. Успешное управление активами поддерживает достижение стратегических целей бизнеса, повышение эффективности обслуживания, оптимизацию ценности активов для клиентов и владельцев при одновременном снижении рисков, гарантирует, что инвестиции оправдываются количественным и качественным анализом, позволяет согласовать финансирование с заинтересованными сторонами, поддерживает поэтапные и приоритетные расходы, назначенные доступность капитала и обеспечение контроля над эффективностью активов. Основные процессы и действия по управлению инфраструктурными активами включают [42]:

Ведение систематического учета отдельных активов.

Разработка определенной программы поддержания совокупности активов посредством моделирования износа, планового технического обслуживания, ремонта и замены.

Внедрение и управление информационными системами в поддержку этих систем.

Определение текущих и ожидаемых уровней обслуживания и их привязка к техническому обслуживанию и планированию капиталовложений.

Расчет стоимости жизненного цикла активов и возможных источников финансирования мероприятий по техническому обслуживанию.

Определение стандарта обслуживания, который описывает производительность актива в объективных и измеримых терминах по сравнению с минимальной оценкой состояния, которая устанавливается с учетом последствий отказа инфраструктурного актива.

4. Модель комплексного управления активами

В этой статье представлена инновационная модель комплексного управления активами, отличающаяся от ранее определенных подходов к управлению активами. В частности, предлагаемая модель всестороннего управления основана на сочетании нескольких функций, предоставляемых активами, а не на их определении или физических границах (рис. 3).

Multipurpose asset				
Tuple v_1	Tuple v_2	Tuple v_3	Tuple v_4	Tuple v_0
Micro-Service l_{11}	Micro-Service l_{21}	Micro-Service l_{31}	Micro-Service l_{41}	Micro-Service l_{01}
User l_{12}	User l_{22}	User l_{32}	User l_{42}	User l_{02}
Space l_{13}	Space l_{23}	Space l_{33}	Space l_{43}	Space l_{03}
Management l_{14}	Management l_{24}	Management l_{34}	Management l_{44}	Management l_{04}
Technology l_{15}	Technology l_{25}	Technology l_{35}	Technology l_{45}	Technology l_{05}

Рисунок 3. Модель омни-управления активами.

Вселенная микросервисов — это отношение U , состоящее из набора X M -кортежей, $U = \{v_1, v_2 \dots v_X\}$, где $v_i = (l_{i1}, l_{i2} \dots l_{iM})$, а l_i — это M различных атрибутов для $i = 1, 2, \dots, X$. Каждый возможный актив во вселенной является подмножеством Y M -кортежей $A = \{v_1, v_2 \dots v_Y\}$, где $v_o = (l_{o1}, l_{o2} \dots l_{oM})$ и l_o — это M различных атрибутов для $o = 1, 2, \dots, Y$, где атрибуты l_{oM} соответствуют определению микросервиса, пользователю, пространству, управлению и технологии соответственно. Общая комбинация каждого конкретного измерения l_{oM} позволяет предоставлять микроуслуги, а их комбинация будет поддерживать макрофункциональность актива v_o . Таким образом, модель комплексного управления активами основана на микроуправлении услугами, которые определяют внутренние атомарные свойства актива. Идея заключается в том, что микросервисы (кортежи) могут динамически добавляться или удаляться в активе, адаптируясь к переменной макрофункциональности. Представленная модель эмулирует геном как корень структурированной информации, которая кодирует и развивает более сложные организмы или структуры. Пример высокого уровня модели всестороннего управления представлен в таблице 1.

Таблица 1. Модель комплексного управления активами.

Tuple	Micro-Service I ₀₁	User I ₀₂	Space I ₀₃	Management I ₀₄	Technology I ₀₅
v ₁	Check in visitor	Visitor	Reception	Outsourced Public cloud	Visitor Management System
v ₂	Check in visitor	Client servicers staff	Reception	Outsourced Facilities Management provider	Visitor Management System
v ₃	Lease collection	Asset management staff	Office	In house asset owner	Asset Management System
v ₄	Cleaning	Facilities management staff	Washrooms	Outsourced Facilities Management provider	Smart washroom
v ₅	Parking digital wayfinding	Asset staff	Car Park	Outsourced Public cloud	Parking Management System
v ₆	Catering	Client Services staff	Kitchen	Outsourced Facilities Management provider	Food stock management system
v ₇	Investor reporting	Asset management staff	Office	In house asset owner	In house asset owner
v ₈	Energy optimisation	Asset energy performance manager	Office	Outsourced engineering services provider	Energy management system
v ₉	HVAC maintenance	Asset maintainer	Asset back of house	Outsourced engineering services provider	Enterprise asset management
v ₁₀	Network provision	Office occupier	Office	Outsourced Network services provider	Local Area Network
v...

4.1. Микросервисы

Микросервисы — это наиболее атомарная или неделимая деятельность, предназначенная для любого этапа актива WLC. Примеры высокоуровневых микросервисов показаны в таблице 2.

Таблица. 2. Модель комплексного управления активами — микросервисы.

Micro-Service I ₁₁		
Provide return to asset investors	Design an asset	Pay electricity bill
Collect rent from tenants	Deliver an AM economic plan	Decide asset function
Collect lease from leaseholders	Maintain the HVAC	...
Commissioning a new asset	Change floor plan	

4.2. Пользователи

К пользователям инфраструктуры или активов относятся люди, машины и роботы, которые предоставляют или получают услуги на любом этапе WLC, от экономического обоснования до строительства. Разные пользователи взаимодействуют с активом по-разному и, следовательно, имеют определенные функциональные требования или варианты использования. Примеры пользователей показаны в таблице 3.

Таблица 3. Модель комплексного управления активами — пользователи.

User I ₁₂		
Office occupier	Asset owner	Designer
Visitor	Asset manager	Cooker
Passenger	Facilities manager	...
Customer	Energy performance manager	

4.3. Пространства

Пространства внутри актива связаны с пользователями, управлением и технологиями для физического размещения его конкретных функций на основе сервисов. Некоторые помещения будут практически идентичными для разных физических активов, однако определенные помещения, такие как комнаты для гостей, столы, платформы, выходы на посадку, квартиры и больничные койки, обеспечивают конкретную функциональность актива. Примеры пробелов показаны в таблице 4.

Таблица 4. Модель комплексного управления активами — Spaces.

Space I_{i3}		
Office space	Bicycle rack	Washrooms
Reception	Retail space	Kitchen
Entrance	Common area	...
Car Park	Equipment room	

4.4. Управление

Управление включает в себя разграничение ответственности в рамках актива с точки зрения владения, проектирования, строительства, аренды, управления имуществом, управления объектами, эксплуатации или технического обслуживания. Традиционное управление по каждому из указанных аспектов осуществляется в виде централизованной или аутсорсинговой услуги на основе традиционных юридических договоров. Web3, основанный на децентрализации данных и услуг, торговых площадках, смарт-контрактах и токенизации, обеспечивает основу для предоставления услуг напрямую и автономно без центрального органа или управления. Пользователи и устройства могут публиковать значения и метаданные на рынке данных [43,44], где децентрализованные поставщики услуг могут автоматически согласовывать условия и положения с соответствующей производительностью. Примеры включают автоматический отчет об ошибке с устройства на рынке данных с включенной дополнительной информацией, такой как руководства по эксплуатации и техническому обслуживанию, предыдущее обслуживание и геолокация, где разные специалисты по обслуживанию могут напрямую указывать свои услуги в юридически обязывающем смарт-контракте. Основная проблема заключается в определении и описании услуг между клиентами и поставщиками услуг без вмешательства человека, где одной из ключевых областей роста для искусственного интеллекта является автоматическая количественная оценка и объем работ для различных услуг. Примеры управления показаны в таблице 5.

Таблица 5. Модель комплексного управления активами — Управление.

Management I_{i4}	
In-house	Internal smart contracts
Outsourced to a third-party service provider	...
External data marketplace	

4.5. Технологии

Технология обеспечивает интеллектуальную функциональность для различных пользователей в соответствующих пространствах и управления активами или инфраструктурой. Технологии подразделяются на четыре категории: датчики, сети, серверы и рабочие станции. Примеры управления показаны в таблице 6.

Таблица 6. Модель комплексного управления активами — технология.

Technology I ₁₅			
Sensor	Network	Server	Workstation
Camera	Wi-Fi	Local Area Network	Display
Occupancy	5G	Security System	Mobile App
Environmental	Local Area Network	Building Management System	Tablet
...

Конкретные компоненты атрибута технологии указаны в следующем разделе.

5. Умные или интеллектуальные активы или инфраструктура

Интеллектуальные или интеллектуальные активы или инфраструктура полагаются на технологии для предоставления своих услуг и функциональности. Технологии подразделяются на четыре категории: датчики, сети, серверы и рабочие станции.

5.1. Датчик

Полевые устройства, встроенные в актив, обеспечивают определенные функции, такие как видеонаблюдение, контроль доступа, внутреннюю связь, окружающую среду, местоположение и занятость. Эти полевые устройства могут питаться от специального источника питания, сети Power over Ethernet (PoE) или аккумуляторов. Устройства IoT обычно питаются от батареи на основе простого оборудования с ограниченной вычислительной мощностью, предназначенного для выполнения простых вычислительных операций и быстрой передачи данных с низкой пропускной способностью при минимальном потреблении энергии.

Датчики передают информацию по открытым стандартным протоколам на серверный уровень, расположенный на границе или в облаке. Безопасный протокол передачи гипертекста (HTTPS) предназначен для передачи документов в клиент-серверных приложениях, а не для передачи данных IoT с мобильных устройств или датчиков. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) и Constrained Application Protocol (CoAP) — это основные протоколы IoT прикладного уровня OSI для ограниченных сетей, определяемых как низкая скорость передачи данных, высокая потеря пакетов и высокие асимметричные каналы. Оба разработаны как модели клиент/сервер посредством передачи IP-пакетов TCP/UDP с механизмами асинхронной связи с сообщениями двоичных данных для небольших полезных нагрузок, что обеспечивает низкое ОЗУ и энергопотребление.

Протокол MQTT передает в основном бинарные оперативные данные через поток данных TCP-соединения на отдельный брокер по модели клиент-датчик/сервер-брокер. Каждое сообщение в MQTT представляет собой дискретную часть информации, опубликованную по адресу, обозначенному как тема, где брокер передает каждое сообщение, опубликованное в

теме, различным подписавшимся клиентам, а клиенты могут подписаться на различные темы. Основная проблема с MQTT заключается в том, что строка темы может состоять из больших строк, что ограничивает его функции с низким энергопотреблением, низкими вычислительными затратами и низкой пропускной способностью. CoAP передает информацию через дейтаграммы UDP без установления соединения со встроенной функцией согласования и обнаружения контента, которая позволяет устройствам проверять друг друга и обнаруживать различные методы обмена данными. CoAP — это в первую очередь протокол клиент-сервер для передачи информации о состоянии, а не событий, который интегрируется с протоколами HTTP и RESTful благодаря механизму фрагментации пакетов. CoAP работает лучше, чем MQTT, с точки зрения использования полосы пропускания и времени приема-передачи, поэтому, уменьшая использование сети, память устройства и мощность, с другой стороны, MQTT более надежен с механизмами управления перегрузкой и качеством обслуживания (QoS).

Облегченный M2M (LwM2M) призван упростить и стандартизировать управление устройствами и передачу данных между датчиком и сервером в IoT на основе архитектуры TCP, CoAP и REST.

5.2. Сеть

Быстрый и значительный прирост мобильных устройств и контента в сочетании с виртуализацией серверов и облачными сервисами, где пользователи получают доступ к приложениям в любом месте и в любое время, являются основными причинами традиционного Все сетевые архитектуры адаптируются к изменяющимся моделям трафика. Сеть передает информацию между датчиками и сервером для связи между машиной и человеком.

5.2.1. Программно определяемые сети

Программно-определяемая глобальная сеть (SD-WAN) через общедоступный Интернет создает виртуальные частные сети и упрощает управление и работу глобальной сети за счет отделения сетевого оборудования уровня данных от его программного обеспечения уровня управления. Пропускная способность распределяется без установленного качества обслуживания (QoS). Secure Access Service Edge интегрирует сетевые функции и функции безопасности в облачное решение. Программно определяемая сеть позволяет контролировать и оптимизировать маршрутизацию пакетов данных через централизованный сервер.

5.2.2. Интернет-соединение

Провайдеры фиксированных проводных интернет-услуг (ISP) обеспечивают внешнее подключение между различными пользователями активов и инфраструктуры, включая центры обработки данных. Технологии включают асимметричную цифровую абонентскую линию (ADSL) и цифровую сеть с интеграцией служб (ISDN), основанную на 2-проводной медной телефонной линии, волоконно-оптическом соединении со шкафом (FTTC) или широкополосном оптоволоконе, где телефонная линия соединяет шкаф со зданием. Гибридный волоконно-коаксиальный кабель аналогичен оптоволоконному кабелю (FTTC), однако вместо телефонных линий используется коаксиальный кабель. Fiber to the Premises (FTTP) соединение осуществляется по оптоволоконному кабелю от АТС до актива на скорости до 2 Гбит/с на одно соединение.

Поставщики услуг беспроводного доступа в Интернет (WISP) внедряют решения, в том числе Wireless Fidelity (Wi-Fi-IEEE 802.11), Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX-IEEE 802.16) или Satellite. Недорогое подключение к Wi-Fi рассчитано на радиус действия около 100 м и 150 м. WiMAX обычно обеспечивает беспроводной широкополосный доступ на последней миле/километре вместо фиксированной DSL и кабеля на скоростях (примерно до 1 Гбит/с в диапазоне 2,3–3,6 ГГц). Спутниковый доступ в Интернет обеспечивает скорость передачи данных в диапазоне от 2 кбит/с до 1 Гбит/с в нисходящем направлении и от 2 кбит/с до 10 Мбит/с в восходящем направлении на частотах 1–40 ГГц. Satellited может находиться на геостационарной орбите Земли (GEO) с общей задержкой от 0,75 до 1,25 с, что влияет на приложения, работающие в реальном времени. Спутники на низкой околоземной орбите (НОО) и средней околоземной орбите (СОО) требуют большего количества спутников в различных положениях над Землей, хотя они обеспечивают меньшие задержки (125 мс и 7 мс), соответственно, с соответствующими более высокими скоростями.

5.2.3. Мобильный

Мобильная инфраструктура 5G обеспечивает услуги с малой задержкой для больших потоков данных по очень коротким и беспрепятственным каналам передачи, что позволяет использовать приложения, основанные на мобильной широкополосной связи, IoT и критически важные приложения; 5G предназначен для обеспечения скорости до 10 Гбит / с, поэтому с конкурирующими поставщиками услуг Интернета (ISP). Кроме того, 5G обеспечивает более высокие скорости передачи и пропускную способность; следовательно, он может подключать больше устройств, улучшая качество обслуживания (QoS) в людных местах. Кроме того, 5G может быть реализован в низкочастотном диапазоне (600–900 МГц, 30–250 Мбит/с), среднем диапазоне (1,7–4,7 ГГц, 100–900 Мбит/с) и высокочастотном диапазоне (24–47 ГГц). 1–10 Гбит / с. Сеть радиодоступа 5G (RAN) поддерживается макросотами на основе антенн с несколькими входами, несколькими выходами (MIMO) и миллиметровыми волнами (mmWave). Кроме того, базовые станции малых сот с граничными вычислениями Возможности дополняют макросеть, распределены в плотные кластеры, поддерживаемые системами распределенных внутренних антенн. Обычно более низкая частота радиочастотного спектра обеспечивает самое широкое покрытие и представляет меньшие потери при проникновении. С другой стороны, чем выше частота, тем шире полоса пропускания, хотя и требуется линия обзора.

5.2.4. Wi-Fi

Wi-Fi 6 (802.11ax) обеспечивает более широкое беспроводное соединение с большей пропускной способностью при меньшей задержке, позволяя подключать больше IoT и мобильных устройств в сети в диапазоне частот от 1 до 7,125 ГГц. Две основные технологии, поддерживающие Wi-Fi 6, — это многопользовательский, множественный вход, множественный выход (MU-MIMO), которые позволяют одновременно подключать несколько устройств к точке доступа. Множественный доступ с ортогональным частотным разделением каналов (OFDMA) обеспечивает более высокую спектральную эффективность за счет одновременной передачи информации на несколько устройств.

5.2.5. Радио

Частные радиосистемы (PRS) в основном поддерживают связь служб экстренной помощи, организаций общественной безопасности и операторов активов в диапазонах ОВЧ или УВЧ, мощность которых обычно ограничена 4 Вт для обеспечения надежного покрытия от 5 до 30 км в зависимости от местности. Технологии частной радиосвязи включают частную

мобильную радиосвязь (PMR), систему транкинговой радиосвязи (TRS), такую как наземная магистральная радиосвязь (TETRA) (полоса пропускания 25 кГц, частота: 380–430 МГц) или P25 (частота 136–859 МГц, полоса пропускания: 12,5 кГц.), цифровое мобильное радио (DMR) (12,5 кГц, 66–860 МГц). Из-за того, что PRS находится в частной собственности, что связано с дополнительными операционными и капитальными затратами, а также с низкой пропускной способностью, которая не поддерживает приложения больших данных, такие как виртуальная реальность, BIM или видеозвонки, тенденция аутсорсинг своих услуг на 5G или замену на Wi-Fi.

5.2.6. Низкое энергопотребление, широкая область

Low Power Wide Area (LPWA) — это беспроводная глобальная сеть с большим радиусом действия до 10 км при низкой скорости передачи данных (от 0,3 кбит/с до 50 кбит/с на канал), разработанная для Интернета вещей на основе низкой стоимости. облегченные протоколы, уменьшенная аппаратная сложность и низкое энергопотребление, как правило, от батареи или напрямую. Сама сеть также имеет низкую стоимость благодаря упрощенной конструкции: от устройства топологии «звезда» до шлюза, сниженным требованиям к дорогостоящей инфраструктуре и использованию полос без лицензии. Устройства с низким энергопотреблением и низкой пропускной способностью передают данные на большие расстояния на шлюз в основном через протоколы беспроводной связи LoRaWAN и EпOcean, шлюз обеспечивает граничные вычисления и пересылает соответствующую информацию в облако через фиксированную или беспроводную сеть. Благодаря широкому охвату LPWA включает в себя приложения для умного города, такие как данные о качестве воздуха, данные об управлении отходами, данные о наличии парковки или показания интеллектуальных счетчиков.

Глобальная сеть дальнего действия (LoRaWAN) считается эквивалентом канала передачи данных уровня 2 OSI и сетевых уровней уровня 3 OSI (863–928 МГц и 2,4 ГГц). Как правило, LoRaWAN работает поверх LoRa, которая является эквивалентом физического уровня OSI уровня 1. LoRaWAN в основном предназначен для наружного применения с датчиками с батарейным питанием. С другой стороны, беспроводной протокол EпOcean (868,3 МГц, 125 кбит/с) был разработан для устройств с автономным питанием, которые передают очень мало данных и потребляют очень мало энергии. Требуемая мощность может быть собрана локально за счет тепловых перепадов или вибрации оборудования для перезарядки аккумуляторов и продления срока их автономной работы на многие годы без обслуживания. EпOcean поддерживает низкую задержку, подходящую для критически важных приложений, и малый радиус действия (30 м) для внутренних приложений, таких как автоматизация зданий или транспорта.

5.2.7. Локальные сети

Локальная сеть (LAN) соединяет устройства в пределах одного ограниченного физического местоположения или области (1–10 Гбит/с) с помощью витых медных пар или оптоволокну. ЛВС обеспечивают доступ к централизованным приложениям, таким как серверы, совместное использование ресурсов, включая принтеры, и доступ к Интернету; следовательно, он может улучшить связь и гибкость, одновременно защищая сеть от внешних атак. Локальные сети в конфигурации доступа, распределения и ядра для конвергентной сети актива обеспечивают подключение и питание стационарных датчиков на основе Ethernet уровня 2 OSI (IEEE 802.11) на основе 48-битных MAC-адресов.

5.2.8. Глобальные сети

Напротив, глобальная вычислительная сеть (WAN) или городская вычислительная сеть (MAN) покрывает большие территории, соединяя вместе несколько локальных сетей с помощью IP-протоколов уровня 3 OSI. Несколько технологий поддерживают WAN. Механизмы частных каналов обычно доставляются через синхронную оптическую сеть (SONET)/синхронную цифровую иерархию (SDH) и широко используются в течение последних нескольких лет. Надежность, присущая SONET/SDH, обусловлена автоматическим переключающим элементом защиты, который обеспечивает восстановление в течение 50 миллисекунд. Однако отсутствие гибкости полосы пропускания делает услуги частных каналов менее адаптируемыми к текущим требованиям к сети и трафику. Схема асинхронного режима передачи (ATM) и протоколы коммутации пакетов посредством асинхронного мультиплексирования с временным разделением используются в магистральной SONET/SDH коммутируемой телефонной сети общего пользования (PSTN) и цифровой сети с интеграцией служб (ISDN) на основе передачи фиксированной ячейки размером 53 байта для контента с малой задержкой в режиме реального времени, такого как голос и видео, при бл. 135 Мбит/с. Frame Relay (FR) — это стандартизированная методология коммутации пакетов, разработанная для передачи по инфраструктуре ISDN. Многопротокольная коммутация по меткам (MPLS) — это ключевой протокол для предоставления услуг передачи голоса, видео и данных в IP-сетях, он работает на уровне OSI 2.5. Metro Ethernet включает в себя каналы с интерфейсами Ethernet, где активы могут подписаться на широкополосную связь со скоростью 1 Гбит/с или выше.

5.2.9. Персональные сети

Персональные сети (PAN) обеспечивают беспроводную передачу данных между устройствами, заменяя последовательные кабели или протоколы «RS», основанные на связи с малой мощностью (мВт) и малым радиусом действия (10 м). Протокол ZigBee предназначен для датчиков IoT с автономным питанием в стандарте IEEE 802.15.4 с частотой 2,4 ГГц (868 МГц–20 кбит/с, 2,4 ГГц, 50 кбит/с). Bluetooth (IEEE 802.15.1) использует радиоволны УВЧ в диапазонах ISM от 2,402 ГГц до 2,48 ГГц с мощностью передачи, ограниченной 2,5 мВт на расстоянии до 10 м.

5.3. Сервер

Серверный элемент собирает данные с датчиков и выполняет определенные действия в соответствии с требуемой функциональностью или услугой. Сервер или вычисления могут быть распределены на уровне устройства (туманные вычисления), на уровне шлюза (пограничные вычисления) или на уровне центра обработки данных (облачные вычисления), чтобы сбалансировать треугольник между энергопотреблением, задержкой и пропускной способностью.

5.3.1. Системы

Конкретный функционал серверной функции для активов или инфраструктуры включает в себя системы безопасности (vi део-наблюдение, контроль доступа, обнаружение вторжений), системы управления зданием (HVAC, энергетика, освещение, пожарная сигнализация, громкоговорящая система оповещения), системы мониторинга здания (окружающие условия, занятость, энергия), системы пользовательского опыта (системы управления посетителями, ресурсы и пространство бронирование, шкафчики, навигация), управление активами (устройства, оборудование, имущество, помещения, аренда, техническое обслуживание, управление проектами).

На уровне сервера также находятся определенные системы управления активами, такие как интегрированная система управления рабочим местом (IWMS), автоматизированное управление объектами (CAFM), компьютеризированная система управления техническим обслуживанием (CMMS) и информация об активах для реестра активов и обслуживания. Эти системы обеспечивают функциональные возможности, включая техническое обслуживание, проект, аренду, затраты, аудит, инвестиции и управление пространством, поддерживая экономическую эффективность и эффективность расходов при одновременном сокращении человеческого вмешательства, которое приводит к трудоемким и подверженным ошибкам неэффективным операциям. Одной из основных проблем решений по управлению активами является согласование повседневной деятельности и краткосрочных планов между отдельными отделами с долгосрочными целями организации при сохранении подотчетности или наложении чрезмерных ограничений на отдельные отделы. Это согласование включает в себя другие аспекты управления, такие как техническое обслуживание. Затраты обычно снижаются за счет планового обслуживания; однако ненужное плановое техническое обслуживание также увеличивает расходы. Своевременное принятие этих решений способствует продлению жизненного цикла актива при снижении затрат.

Системы управления счетами активов используются различными заинтересованными сторонами для оценки финансовых и деловых показателей организации, подкрепленных последовательными и надежными доказательствами с согласованием технических и финансовых данных. Счета подлежат аудиту и политикам, таким как расходы, признание доходов, капитализация, оценка, политика амортизации, обесценение активов, политика нормирования капитала или политика налогового режима. Наконец, финансовые модели активов включают финансовые требования, требования к капитальным вложениям, потоки капиталовложений и доходов, проекты, техническое обслуживание, энергию, коммунальные услуги, а также управление операциями и объектами.

5.3.2. Открытый стандартный протокол

Промежуточное ПО актива объединяет отдельные функции различных системных серверов для расширенной функциональности за счет системной интеграции на основе открытых протоколов и стандартов. Это всеобъемлющее промежуточное программное обеспечение устраняет разрозненность организаций или групп, поскольку разные пользователи получают доступ и преимущества от единого интерфейса.

Цифровой адресный интерфейс освещения (DALI) предназначен для взаимодействия управления освещением в IoT (IEC 62386). Каждому устройству назначается уникальный логический адрес от 0 до 63, где устройства также могут быть запрограммированы для работы в группах устройств, сообщения о сбое или ответа на запрос о его состоянии или другой информации. Одна пара проводов образует шину, используемую для передачи сигналов и питания. Данные передаются между устройствами по асинхронному полудуплексному последовательному протоколу по двухпроводной шине с фиксированной скоростью передачи данных 1200 бит/с.

KNX разработан для автоматизации коммерческих и жилых зданий в основном в Европе (EN 50090, ISO/IEC 14543, ANSI/ASHRAE 135). KNX поддерживает устройства для формирования распределенных приложений или децентрализованной топологии через шину витой пары. Это реализуется с помощью моделей взаимодействия со стандартизированными типами точек данных и объектами, которые моделируют переменные процесса и управления в системе. KNX

может подключить до 57 375 устройств, используя 16-битные адреса, распределенные по областям линий и сегментов.

BACnet в основном используется в сетях автоматизации и управления зданиями (BAC) (ANSI/ASHRAE 135-2016 и ISO 16484-5). BACnet был разработан для обеспечения связи устройств независимо от конкретной службы или системы здания. Обычно он применяется в коммерческих системах управления HVAC и системах управления энергопотреблением зданий (BEMS).

Modbus — это сетевой протокол связи, подходящий для систем промышленной автоматизации. Он соединяет электронное оборудование по последовательным линиям по схеме ведущий (запрос информации)/ведомый (передача информации) в системах автоматизации зданий, транспорта и энергетики, таких как учет.

5.3.3. Системная интеграция

Два отдельных приложения передают информацию через промежуточный мост, называемый интерфейсами прикладного программирования (API), которые позволяют одной системе получать доступ к информации или функциям другой через стандартизированные протоколы. Наиболее широко используемыми API являются SOAP (простой протокол доступа к объектам), REST (передача репрезентативного состояния), GraphQL и удаленный вызов процедур (RPC).

Удаленный вызов процедур RPC определяет удаленное выполнение функции в отдельной среде. Процесс состоит из вызова клиентом удаленного метода, сериализации параметров и дополнительной информации в сообщение и, наконец, передачи сообщения на сервер. После того, как сервер получает сообщение, процесс состоит из десериализации его содержимого, выполнения запрошенной операции и передачи результата обратно клиенту. RPC использует GET для сбора информации и POST для всего остального из-за высокой скорости передачи сообщений и очень низких накладных расходов. Благодаря тесной связи RPC обычно применяется во внутренних микросервисах.

SOAP делает данные доступными в виде веб-сервисов на основе стандартизированного языка протокола веб-коммуникаций в формате XML и независимой от платформы среды. Сообщение SOAP состоит из тега конверта, который начинает и завершает каждое сообщение, тела, содержащего запрос или ответ, заголовка, определяющего любые особенности или дополнительные требования, и ошибки, сообщающей о любых ошибках в процессе обработки запроса. Благодаря тому, что SOAP представляет собой статическую структуру в сочетании с функциями безопасности и авторизации, он обеспечивает соблюдение формальных контрактов на программное обеспечение и соблюдает юридические контракты между поставщиком API и потребителем. Приложения SOAP включают выставление счетов, бронирование и платежи для частных или корпоративных приложений, распределенных между разнородными платформами.

Передача репрезентативного состояния (REST) предназначена для разработки высокопроизводительных масштабируемых сервисов на основе веб-сервисов. Он основан на концепции ресурсно-ориентированной архитектуры, в которой ресурсы идентифицируются по их URI (унифицированному идентификатору ресурса). REST делает данные на стороне сервера доступными и представляет их в простых форматах, часто JSON и XML, которые разделяют клиент и сервер через HTTP-связь между клиентом и сервером.

GraphQL основан на построении схемы, направленной на выполнение точных запросов данных JSON для извлечения данных из нескольких источников. Сообщения GraphQL являются самоописываемыми для распределенных сред и поэтому подходят для мобильных устройств для загрузки данных из нескольких API.

5.3.4. Структура данных

Данные или информация имеют свой собственный жизненный цикл и управление, аналогичное активу, который поддерживает мониторинг, аудит, обеспечение и сравнительный анализ производительности. Информация требует обслуживания для соответствия юридическим и другим законодательным требованиям, включая управление изменениями, хранение, сохранение и окончательную обработку. Жизненный цикл информации обрабатывает физические и функциональные требования. Необработанные данные активов, автоматически получаемые с различных датчиков, хранятся в озере данных в соответствии с определенными соглашениями об именах, такими как Brick Schema, Haystack, OSCRE и Google Digital Buildings. Онтологии данных основаны на принципах семантической паутины и предоставляют единую схему и набор инструментов для представления структурированной информации и модельных отношений между системами и компонентами. Эта стандартизация обеспечивает его переносимость и согласованность между несколькими активами независимо от отдельных входных данных от разных пользователей через WLC актива. Онтологии данных поддерживают управление и эксплуатацию очень больших разнородных портфелей активов с возможностью масштабирования. Модели данных поддерживают расширенную функциональность, основанную на энергетическом аудите, автоматическом обнаружении и диагностике неисправностей, автоматизации активов, сложном поиске информации, аналитике и оптимизации.

Стандарты BIM, основанные на управлении структурированной информацией ISO 19650 [45], применяются ко всему WLC построенного актива для поддержки сотрудничества и конкуренции в сфере закупок. В частности, ISO 19650 основан на информационных требованиях (информационные требования работодателя, требования к организационной информации, требования к информации об активах, план выполнения BIM), информационных моделях (информационная модель проекта, информационная модель активов), совместных практиках (общая среда данных, функциональная совместимость, отраслевая основа). Классы и COBie).

Цифровой журнал строительства [46] представляет собой предложение, направленное на установление общеевропейского подхода, объединяющего соответствующие данные о здании и обеспечивающего доступ уполномоченных лиц к точной информации о зданиях. Пользователи должны быть участниками рынка, такими как владельцы недвижимости, арендаторы, инвесторы, финансовые учреждения и государственные администрации.

5.3.5. Форматы данных

Различные форматы данных поддерживают цифровое создание информации и документов с точки зрения содержания, как отображаемой информации, структуры, как структурирована информация в документе, и, наконец, форматирования, как внешний вид. Первым стандартом данных был язык гипертекстовой разметки (HTML), который структурирует содержимое документа в тегах и предоставляет правила форматирования для отображения данных. HTML — это протокол рендеринга для веб-браузеров, которому не хватает структуры внутри тегов. Как следствие, расширяемый язык разметки (XML) был разработан для кодирования информационной структуры документа или представления произвольных структур данных и

передачи данных, читаемых людьми и машинами. XML отправляет структурированные данные в веб-систему и не включает синтаксис программирования. По мере того, как веб-страницы становятся более динамичными или интерактивными с помощью веб-приложений, разработанных с помощью программного обеспечения, такого как Javascript, а не просто для отображения содержимого с помощью языков разметки, нотация объектов JavaScript (JSON) структурирует информацию как key-value пары для поддержки хранения данных и обмена между программными приложениями, хотя они по-прежнему иерархичны и удобочитаемы. Язык географической разметки (GML) моделирует географические объекты через стандарт интерфейса Web Feature Service (WFS).

5.3.6. Искусственный интеллект

Искусственный интеллект (ИИ) предоставляет различные приложения для управления активами на основе алгоритмов классификации и регрессии для различных функций управления активами. Анализируя различные источники данных, ИИ снижает риск активов при нескольких прогнозируемых сценариях, таких как политический, экономический, социальный, технологический, законодательный и экологический. ИИ анализирует и уточняет большие данные, хранящиеся от различных датчиков, для поиска закономерностей и выявления аномалий, поддерживающих приложения, которые оптимизируют переменные, такие как потребление энергии или использование пространства, или прогнозируют рост спроса, тенденции в поведении клиентов, анализ рыночных условий и долгосрочные прогнозы. срочные ресурсы. ИИ может расширить жизненный цикл актива за счет обучения правильному вмешательству в нужное время для его восстановления, ремонта и замены на основе профилактического и упреждающего обслуживания.

5.3.7. Токенизация

Web3, основанный на технологиях распределенного реестра (DLT), обеспечивает прозрачное перемещение информации об активах между сторонами, где каждая транзакция с активами подлежит аудиту и проверке без необходимости использования стороннего центрального органа. DLT может разрушить укоренившиеся устаревшие операционные модели, основанные на ручной сверке «Книги рекордов» или бухгалтерских книг, которые являются препятствием для изменений, с помощью решения, работающего почти в режиме реального времени. Время между датой сделки и датой расчетов по-прежнему составляет от двух до трех дней на большинстве рынков, где риск дефолта контрагента часто снижается за счет обеспечения, что увеличивает ненужные транзакционные издержки. DLT обеспечивают единую версию правды между инвесторами, менеджерами и продавцами. Разные пользователи могут обмениваться информацией об активах и историей транзакций без ущерба для доверия, конфиденциальности или человеческих ошибок. Токенизация актива способствует более быстрому решению проблем, связанных с разрешением споров, и сокращает время поиска информации и устранения расхождений в данных, позволяя новым цифровым сторонам предоставлять новые или традиционные услуги. Смарт-контракты или токенизация упрощают управление активами и соответствующей цепочкой поставок, предписывая условия обслуживания, которые должны выполняться для совершения транзакций, и делая сообщение о таких условиях неопровержимым. Эти приложения могут сократить затраты и время обработки, повысить эффективность работы, повысить прозрачность и облегчить серию инновационных инвестиций. По мере того как услуги переходят на цифровое управление, искусственный интеллект может автоматически составлять смарт-контракты на основе обработки естественного языка и принимать автономные решения с помощью аналитики больших данных и деревьев решений.

Токенизация также поддерживает соблюдение нормативных требований, правила информационной безопасности, законы о конфиденциальности и отчетность для инвесторов. Новые услуги включают токенизацию активов или токенизированное владение как секьюритизацию дорогостоящих товаров, которая расширяет базу инвесторов, увеличивает ликвидность и снижает риски перепродажи, когда стороны торгуют и рассчитываются напрямую в течение нескольких минут по низкой цене.

5.4. Рабочая станция

Рабочая станция идентифицирует различные интерфейсы или каналы, которые пользователи смарт-актива или инфраструктуры имеют для управления, эксплуатации или использования. Поскольку доступ к серверам и информации осуществляется через веб-браузер, нет необходимости иметь выделенную рабочую станцию, также можно использовать ноутбуки, мобильные телефоны и планшеты, где функции могут быть объединены в мобильные приложения, которые объединяют различные услуги и функции в общий пользовательский канал. Несмотря на то, что пользователи получают информацию через свои мобильные телефоны, цифровые вывески в стационарных местах по-прежнему актуальны для простого отображения соответствующей информации, такой как поезд, расписание рейсов или состояние активов, включая занятость и условия окружающей среды. Цифровые вывески могут обновляться в режиме реального времени и использоваться для визуального усиления сообщений от систем громкого оповещения/голосового оповещения в чрезвычайных ситуациях.

Инструментальные панели помогают управляющим активами и операторам визуально группировать, анализировать и фильтровать информацию для принятия решений на основе данных на уровне активов и портфелей. Эти решения направлены на повышение производительности активов с точки зрения энергопотребления, условий окружающей среды, технического обслуживания или использования пространства. Инструментальные панели поддерживают более долгосрочные стратегические решения по долгосрочным стратегическим решениям по определенным критериям, таким как ключевые показатели эффективности (KPI), основанные на создании ценности, при этом балансируя производительность актива, обслуживание, мощность, расходы, риски, эксплуатационные ограничения, соответствие нормативным требованиям безопасности или другим установленным законом требованием и экология. Решения по управлению активами включают измерение времени от дня до дня для оперативной реализации до годовой тактики. I планирование и обеспечение более долгосрочного жизненного цикла.

Представление цифровой модели физического актива как единого источника достоверной информации с помощью географических информационных систем (ГИС), информационных моделей зданий (BIM) и цифровых двойников поддерживает управление активами, эксплуатацию и техническое обслуживание для поиска соответствующей информации об активах в 3D-модели с различными размерами. или могут быть добавлены слои, такие как время, финансы, устойчивость, управление объектами, использование. Информация об устройстве в режиме реального времени может быть встроена в цифровую модель, поддерживаемую через сети IoT.

Модели BIM могут включать информацию об активах на протяжении всего их жизненного цикла, от проектирования и строительства до эксплуатации и окончательного вывода из эксплуатации. В дополнение к традиционному 3D BIM были добавлены дополнительные измерения: 4D включает время и последовательность строительства, BIM 5D добавляет

капитальные и эксплуатационные расходы; 6D предоставляет информацию об управлении объектами; 7D для информации об устойчивости; 8D учитывает соображения здоровья и безопасности. Географическая информация помещает актив в земные координаты в пространственном и картографическом ландшафте. Дополненная реальность обеспечивает интерактивное взаимодействие с реальными средами для обучения эксплуатации и техническому обслуживанию.

6. Обсуждение

6.1. Требования

Интеллектуальные активы должны быть указаны с атомарными требованиями SMART: Конкретными, Измеримыми, Достижимыми и Соответствующими, чтобы определить решение. Требования включают финансовую, деловую, функциональную, организационно-техническую, интеграционную и кибербезопасную операционные модели интеллектуального актива. Четкие атомарные требования с точки зрения краткости, последовательности и простоты, которые целостно, независимо и не пересекаются с различными аспектами и пользователями, гарантируют успешный актив. Адекватные требования определяют необходимые, поддающиеся проверке и достижимые элементы бюджета и программных ограничений. Из-за требований, которые необходимо проверить, важно рассмотреть процесс проверки при написании требований. Общие проблемы с требованиями включают неправильные предположения, неверные или двусмысленные термины, указание «как», а не «что» и чрезмерную спецификацию.

6.2. Решения

Решения о технологиях должны быть основаны на четко определенном бизнес-кейсе с критериями и политиками, принятыми нужными людьми, информацией и методологией. Решения должны согласовываться с принятием долгосрочных стратегических решений, основанных на балансировании производительности актива по сравнению с затратами и обслуживания по сравнению с мощностью. Время является фундаментальным параметром для принятия решений из-за его влияния на получение финансирования и результатов решения. Время включает повседневную оперативную доставку и ежегодное тактическое планирование, а также обеспечение более долгосрочного жизненного цикла.

6.3. Новое против обновления

В настоящее время новые или дополнительные функциональные возможности активов обычно обеспечиваются повсеместно распространенными технологиями, поэтому они не зависят от самого физического актива. Существует жизнеспособный случай, который поддерживает репрофилирование существующих физических активов и их модификацию для их нового функционального использования, адаптированного к меняющимся человеческим и социальным потребностям. Эта стратегия поддерживает политику ESG, NZC и экономику замкнутого цикла при одновременном снижении стоимости проекта. Эквивалентный подход к обновлению также применяется к цифровым активам, где дополнительные функции, обеспечиваемые новым активом, должны поддерживать либо связанный с ним возврат инвестиций (ROI) за счет дополнительной прибыли или снижения затрат с точки зрения эффективности или обслуживания.

6.4. ESG и NZC

Текущая политика вынуждает активы выполнять обязательства по охране окружающей среды, социальной сфере и управлению (ESG) и Net Zero Carbon (NZC). Это включает в себя экономику замкнутого цикла, отчетность NZC и три различных области. Существует множество регуляторных инициатив, которые заставляют управляющих активами учитывать риски ESG, раскрывать информацию и играть более активную роль в реализации политики. ESG и NZC влияют на управление активами из-за повышенного спроса инвесторов и арендаторов на активы, соответствующие нормативным требованиям. Эти инициативы не направлены на решение проблемы ущерба окружающей среде и изменения климата, их целью также является открытие доступа к инвестиционным возможностям и услугам для различных клиентов, чтобы обеспечить социальное равенство и финансовую доступность.

Существует множество технологических решений, поддерживающих устойчивость и NZC, таких как системная интеграция API, системы управления зданиями и системами управления освещением для оптимизации энергопотребления, доставки и управления отходами для отслеживания ресурсов, датчики IoT для упреждающего обслуживания и управления активами для повышения производительности. В дополнение к устойчивости, демократизация или включение услуг будет достигаться не только за счет обеспечения доступа к данным в других закрытых системах, но также за счет снижения стоимости выхода на рынок с помощью финтех-решений, большей масштабируемости и цифровой доступности, такой как мобильные приложения или токенизация. Субсидии также продвигают ESG с точки зрения покупки экологически безопасных активов, льготного налогообложения, более низкой процентной ставки и потенциального социального использование рынка капитала, такого как «зеленые» облигации.

Тем не менее, данные остаются препятствием. Для доказательной информации требуется качество данных, которое включает доступ к ним, их сбор и агрегирование с нужной периодичностью, достоверностью и согласованностью. Еще одной проблемой данных является их стандартизация с точки зрения оценки ESG для общего теста. Различные критерии оценки ESG увеличивают разницу между различными источниками данных. Обработка естественного языка и машинное обучение для извлечения ценности из больших неструктурированных данных. Основная проблема заключается в доступе к данным, их сборе и качестве. Поскольку данные становятся ценным источником доказательств, ими необходимо управлять для их обслуживания и безопасности. Эти алгоритмы обеспечивают результат; однако для подтверждения того, как был достигнут результат, требуется этика в ИИ или объяснимый ИИ.

6.5. Информационная безопасность

Интернет вещей с дополнительными возможностями подключения и облачными сервисами увеличивает риски для кибербезопасности, поскольку злоумышленники имеют дополнительное покрытие. Успешные кибератаки влияют не только на сбои в бизнесе и связанные с ними экономические последствия, но и на репутацию управляющего активами и, в конечном итоге, на стоимость активов, если есть мнение, что некоторые активы более уязвимы, чем другие.

Кибербезопасность для управления активами — это процесс упреждающей идентификации на постоянной основе в режиме реального времени технологических элементов и сетей в активе и оценки их потенциальных угроз безопасности или уязвимостей. После того как оборудование, программное обеспечение, виртуальная инфраструктура, информация и учетные записи в Интернете определены, а риски определены, этими рисками и уязвимостями

необходимо управлять на ежедневной основе. Бесплатные ресурсы и услуги, такие как облачное хранилище или мобильные приложения, должны быть включены, поскольку они могут скрывать преднамеренные угрозы из-за их низкой цены. Помимо локальных элементов активов, необходимо идентифицировать и защищать облачные ресурсы. В вероятном случае инцидента кибербезопасности, такого как нарушение политик безопасности ресурсом, упреждающее реагирование на инцидент исследует основные причины и обеспечивает исправления. Наконец, непрерывное применение политик гарантирует, что новые устройства, добавляемые в сеть, добавляются с установленными активными политиками.

Управление активами с точки зрения обнаружения и предоставления единого, точного, доступного, доступного, автоматизированного, полного и авторитетного источника информации обеспечивает основу для большинства других областей кибербезопасности с точки зрения управления рисками, устаревшими компонентами, идентификацией и доступом, изменениями, классификация, уязвимости и исправления, мониторинг в реальном времени, человеческий фактор, инциденты, реагирование и восстановление [47]. Примеры источников данных для управления активами включают записи о закупках и выставлении счетов, диспетчер мобильных устройств, инструменты управления системой/устройствами, платформы регистрации и мониторинга, платформы управления уязвимостями, информацию от групп разработчиков и инженеров, инфраструктуру открытых ключей.

6.6. Гибридная работа

Характер работы постепенно меняется, поскольку модель гибридного рабочего места, когда работа из любого места постепенно становится нормой, это поведенческое изменение влияет на структуру активов с точки зрения их функциональности и емкости. Рабочее место трансформирует предназначение актива как работы только в физически-виртуальное гибридное пространство с целью или намерением, которое обеспечивает корпоративную идентичность для индивидуальной работы, общения и совместной работы, предназначенной для повышения производительности труда персонала и роста бизнеса при поддержке технологий. Технология совместной работы для физических и виртуальных участников включает в себя аудиовизуальные подходы, видеоконференции в комнатах для совещаний/конференций, а также резервирование помещений и столов. В конечном итоге виртуальная реальность сделает комнаты для совещаний виртуальными. Кроме того, все больше внимания уделяется предоставлению оздоровительных услуг, основанных на приятной и здоровой рабочей среде, которая повысит производительность труда сотрудников благодаря лучшей вентиляции, естественному освещению, велосипедным дорожкам и душевым. Арендаторы требуют более гибкого офисного отеля, который стоит того, чтобы ездить на работу, что требует большего пространства с более высоким качеством на каждого арендатора.

6.7. Услуги: внутренние/аутсорсинговые

Услуги по управлению, эксплуатации и техническому обслуживанию могут выполняться владельцем активов или передаваться третьим сторонам на основе баланса между стоимостью, качеством и контролем. Аутсорсинговые службы нанимают внешние специализированные ресурсы для работы над задачами или проектами, в идеале для снижения затрат и увеличения скорости доставки, с другой стороны, внутренние службы используют внутреннюю операционную инфраструктуру организации для выполнения тех же действий.

Аутсорсинговые услуги быстро предоставляют исключительные знания и навыки и сокращают затраты на заработную плату, если задачи или проекты не требуются на постоянной основе. Аутсорсинг — это вариант для удовлетворения пиковых потребностей в обслуживании или роста за счет более быстрой реализации проекта, при этом он также устраняет необходимость в обучении внутри компании и снижает нагрузку на внутреннюю команду. Кроме того, если определенные задачи становятся слишком трудоемкими или лучше сосредоточиться на основных аспектах бизнеса для повышения эффективности и производительности. Сверхурочная работа внутри компании является дорогостоящей и утомительной. Аутсорсинг также требует дополнительных управленческих усилий с точки зрения контрактов, планирования отчетности и коммуникаций. В целом аутсорсинг снижает контроль с точки зрения методов, качества и безопасности задачи или проекта, хотя он также снижает риски с помощью юридических контрактов и соглашений об уровне обслуживания.

Внутренние услуги предпочтительнее, если требуемая задача или проект нечетко определены или ясны, поскольку внутреннее обслуживание предпочтительнее для лучшего понимания. Кроме того, необходимы долгосрочные обязательства, такие как поддержка или техническое обслуживание. Работа с чувствительной и конфиденциальной информацией или стратегическими или критически важными для бизнеса услугами. Внутренние услуги создают ценность репутации/бренда, расширяют навыки команды и повышают ее производительность, принося мотивацию и приверженность в рамках карьерного роста в результате результатов проекта и ценностей компании с соответствующим контролем интеллектуальной собственности и инновациями. Хотя внутренние обычно размещают новые операции и процессы внутри организации за дополнительные расходы.

6.8. Технология: помещение/облако

Технология также представляет различные модели обслуживания, основанные на владении и обслуживании. Облачные вычисления основаны на виртуализации вычислений, сети и хранилища, хотя этот принцип также может быть применен к локальным конфигурациям. Поставщик облачных услуг размещает и предлагает вычислительные услуги по запросу для частных лиц или предприятий, включая инфраструктуру как услугу (IaaS), платформу как услугу (PaaS) или программное обеспечение как услугу (SaaS). IaaS — это виртуальный эквивалент традиционного центра обработки данных, который включает в себя серверы, виртуальные машины (VM), хранилище, сети, брандмауэры/системы безопасности и операционные системы. PaaS нацелен на разработку программного обеспечения, включая тестирование, доставку и управление программным обеспечением через IaaS и операционные системы, инструменты разработки, управление базами данных и бизнес-аналитику. SaaS охватывает программное обеспечение на основе подписки, доступ к которому осуществляется через Интернет через IaaS, PaaS и размещенные приложения.

Поставщики облачных услуг предлагают решения для частных, общедоступных или гибридных облачных вычислений, которые предоставляют платформы высокой доступности, разработанные для обеспечения контроля бизнеса, безопасности, конфиденциальности и непрерывности. Частное облако состоит из ресурсов облачных вычислений, физически развернутых в клиентском центре обработки данных или размещенных сторонним поставщиком услуг исключительно одним предприятием или организацией. Общедоступные облачные сервисы принадлежат и управляются сторонним поставщиком облачных сервисов, доставляются через Интернет и доступны через веб-браузер. Это более экономичный вариант, но предлагает ограниченную настройку. Преимущества общедоступных услуг включают более низкую стоимость, отсутствие обслуживания, высокую масштабируемость и надежность.

Несколько клиентов или арендаторов совместно используют ресурсы, даже если поставщик услуг разделяет данные. Примеры публичного облака включают: Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure и Google Cloud Platform (GCP). Гибридное облако сочетает в себе локальные облачные службы для конфиденциальных приложений, которым требуется безопасность и соблюдение нормативных требований, а также частные и/или общедоступные облачные службы для менее важных приложений и обладают высокой гибкостью и масштабируемостью.

Производители продуктов переходят на модель «устройство как услуга» (DaaS), в которой клиенты приобретают подписку на продукты, которая покрывает первоначальную покупку оборудования, программного обеспечения и будущие расходы на обслуживание. Успех этой модели зависит от возможности подключения устройств для внешнего мониторинга и обновления программного обеспечения.

6.9. Метавселенная

Активы в метавселенной отделены от реального физического мира в полностью виртуальную среду, основанную на открытой платформе для экономических целей. Метавселенная позволяет своим пользователям создавать и совместно использовать контент и приложения, изменяя активы и саму среду. Эта функция поддерживает взаимодействие и совместную работу на разных уровнях, делая ее настраиваемой средой. Виртуальные активы и права собственности в метавселенной торгуются как невзаимозаменяемые токены через криптовалюты, такие как Биткойн или Эфириум. Хотя основная функциональность метавселенной уже реализована через цифровых двойников или виртуальную реальность, она обеспечивает более высокий уровень настройки и экономической торговли. Хотя метавселенная предоставляет полный цифровой сервис, она по-прежнему зависит от физических активов, таких как гарнитуры и центры обработки данных, которыми необходимо управлять.

6.10. Центры обработки данных

Центры обработки данных — это новый физический актив, разработанный как следствие Индустрии 4.0, облачных вычислений, Интернета вещей, DLT и ИИ. Активом, основным пользователем или арендатором которого являются данные, основанные на компьютерах, хранилищах и сетевых компонентах. Проектирование центров обработки данных — это компромисс между высокой доступностью, модульностью и гибкостью, безопасностью и энергопотреблением. Этот ориентированный на пользователя подход, основанный на данных, отделяет центры обработки данных от людей и размещает их в местах, оптимизирующих их производительность.

6.11. Регулирование

Регулирование играет решающую роль важную роль во внедрении технологии, поскольку она обеспечивает законодательство, с помощью которого потребители и организации могут защищать свои интересы, согласовывать условия и обеспечивать соблюдение. Правовая база, основанная на общих принципах, обеспечивает стабильность и страховые услуги, что влечет за собой дополнительные расходы из-за дополнительных третьих лиц, вовлеченных в процесс.

6.12. Проблемы с данными о недвижимости

Недвижимость очень консервативна в отношении цифровизации из-за угрозы технологического прорыва в секторе, где информация является основной ценностью. Проблемы с большими данными — это нежелание делиться, разные форматы, соглашения об

именах, управление и этика, выходящие за рамки GDPR и ESG. Большая и важная информация об активах по-прежнему хранится в виде документов, что создает информационные барьеры между владельцами активов и арендаторами. Модели данных должны включать права собственности, договоры аренды и такие события, как пересмотр арендной платы, ветхость, управление недвижимостью в связи со сбором арендной платы и споры.

7. Выводы

В этой статье предложена модель комплексного управления активами, основанная на микроуправлении услугами, в которой атомарные функциональные особенности между различными построенными инфраструктурами или активами включены в модель. Эти функциональные различия охватывают пользователей, пространства, управление и технологии. Ключевая концепция основана на стандартизации различных активов или инфраструктуры на основе общей и специфической многофункциональной функциональности и микросервисов, которые будут поддерживать макрофункциональность актива. Эта стандартизация обеспечивается стеком технологий, который уже поддерживает переход к Индустрии 5.0 на основе Web 3.0 и токенизации. Технологии распределенного реестра (DLT) и их новые модели управления бизнесом ставят людей и машины в центр трансформации экономических активов. Предлагаемая модель управления активами основана на децентрализованной автономной организации (DAO) с последствиями для роли посредников в управлении активами. Основная проблема заключается в том, что эта модель основана на этих новых нерегулируемых технологиях, которые могут ограничивать ее полное внедрение и охват. Кроме того, ИИ должен преуспеть в предоставлении автономных смарт-контрактов, соответствующих цели. Наконец, основные ограничения внедрения этой технологии заключаются в ее принятии пользователями, а также в ее организационной и бизнес-интеграции.

Финансирование

Это исследование не получило внешнего финансирования.

Заявление Институционального контрольного совета

Непригодный.

Заявление об информированном согласии

Непригодный.

Заявление о доступности данных

Непригодный.

Благодарности

Уилл Серрано, автор этой статьи, хотел бы выразить благодарность Тиму Бройду @UCL за его личную и академическую поддержку в написании этой сложной статьи. Jing Jia @UCL за ее комментарии по регулированию управления активами. Jiayin Meng @ UCL за ее комментарии о финансах управления активами. Эндрю Найт, ведущий специалист по глобальным данным и технологиям @ RICS, за его комментарии о проблемах с данными о недвижимости.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

References

1. El-Akruti, K.; Dwight, R.; Zhang, T. The strategic role of Engineering Asset Management. *Int. J. Prod. Econ.* 2013, *146*, 227–239. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
2. Sangreman, E.; McMahon, P.; Cabral, A. Establishing the relationship between asset management and business performance. *Int. J. Prod. Econ.* 2021, *232*, 107937. [Google Scholar]
3. Sangreman, E.; Cabral, A. Improving Asset Management under a regulatory view. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 2019, *190*, 106523. [Google Scholar]
4. Mohammadi, A.; El-Diraby, T. A conceptual construct on value for infrastructure asset management. *Util. Policy* 2022, *75*, 101354. [Google Scholar]
5. Mohammadi, A.; El-Diraby, T. Toward user-oriented asset management for urban railway systems. *Sustain. Cities Soc.* 2021, *70*, 102903. [Google Scholar] [CrossRef]
6. Izaddoost, A.; Naderpajouh, N.; Heravi, G. Integrating resilience into asset management of infrastructure systems with a focus on building facilities. *J. Build.* 2021, *44*, 103304. [Google Scholar] [CrossRef]
7. Roda, I.; Kumar, A.; Macchi, M.; Garetti, M. A Framework for implementing value-based approach in Asset Management. In Proceedings of the World Congress on Engineering Asset Management, Campo Grande, Brazil, 15–18 August 2015; pp. 487–495. [Google Scholar]
8. Vermeer, M.; Wetzter, J.; van der Wielen, P.; de Haan, E.; de Meulemeester, E. Asset-management decision-support modeling, using a health and risk model. In Proceedings of the IEEE PowerTech, Eindhoven, Netherlands, 29 June–2 July 2015; pp. 1–6. [Google Scholar]
9. Bosisio, A.; Giustina, D.D.; Fratti, S.; Dedè, A.; Gozzi, S. A Metamodel for Multi-utilities Asset Management. In Proceedings of the IEEE Milan PowerTech, Milan, Italy, 23–27 June 2019; pp. 1–4. [Google Scholar]
10. Jia-xu, C.; Guan-ran, W.; Wei-xuan, M. Analysis of Key Processes and Dimensions Based on Complex Assets management Systems. In Proceedings of the International Conference on Urban Engineering and Management Science, Sanya, China, 29–31 January 2021; pp. 310–313. [Google Scholar]

11. Laue, M.; Brown, K.; Scherrer, P.; Keast, R. Integrated Strategic Asset Management: Frameworks and Dimensions. *Infranomics Top. Saf. Risk Reliab. Qual.* 2014, *24*, 75–87. [Google Scholar]
12. Mahmood, M.; Dhakal, S.; Wiewiora, A.; Keast, R.; Brown, K. Towards an integrated maturity model of asset management capabilities. In Proceedings of the World Congress on Engineering Asset Management, Daejeon, Republic of Korea, 8–9 October 2012; pp. 431–441. [Google Scholar]
13. Attwate, A.; Wang, J.; Parlikad, A.; Russell, P. Measuring the performance of asset management systems. In Proceedings of the Asset Management Conference, London, UK, 27–28 November 2014; pp. 1–6. [Google Scholar]
14. Zhang, W.; Wang, W. Whole life cost modelling in infrastructure asset management. In Proceedings of the International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, Chengdu, China, 15–18 July 2013; pp. 1695–1697. [Google Scholar]
15. Wijnia, Y.; de Croon, J. The Asset Management Process Reference Model for Infrastructures. In Proceedings of the World Congress on Engineering Asset Management, Pretoria, South Africa, 28–31 October 2015; pp. 447–457. [Google Scholar]
16. Lovea, P.; Matthews, J. The ‘how’ of benefits management for digital technology: From engineering to asset management. *Autom. Constr.* 2019, *107*, 102930. [Google Scholar] [CrossRef]
17. Asghari, V.; Hsu, S.-C. An open-source and extensible platform for general infrastructure asset management system. *Autom. Constr.* 2021, *127*, 103692. [Google Scholar] [CrossRef]
18. Al-Kasasbeh, M.; Abudayyeh, O.; Liu, H. An integrated decision support system for building asset management based on BIM and Work Breakdown Structure. *J. Build. Eng.* 2021, *34*, 101959. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Candón, E.; Martínez-Galán, P.; De la Fuente, A.; González-Prida, V.; Márquez, A.C.; Gómez, J.; Sola, A.; Macchi, M. Implementing Intelligent Asset Management Systems within an Industry 4.0 Manufacturing Environment. *IFAC-PapersOnLine* 2019, *52*, 2488–2493. [Google Scholar] [CrossRef]
20. Martínez, P.; Crespo, A.; Fuente, A.; Guillén, A. A new model to compare intelligent asset management platforms (IAMP). *IFAC-PapersOnLine* 2020, *53*, 13–18. [Google Scholar] [CrossRef]
21. Crespo, A.; Gomez, J.; Martinez, P.; Guillen, A. Maintenance Management through Intelligent Asset Management Platforms (IAMP). Emerging Factors, Key Impact Areas and Data Models. *Energies* 2020, *13*, 3762. [Google Scholar]
22. Yu, Z.; Yuan, C.; Zheng, K. A University Fixed Asset Database Information Management System Based on Internet of Things. In Proceedings of the Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference, Xi’an, China, 25–27 May 2018; pp. 2488–2491. [Google Scholar]
23. Abreu, T.; Moreira, F.R.; Carvalho, C.; Cordeiro, L.; Peixoto, A.; Mendes, J.; Fernandes, M. Analytics 4 Assets—The advanced asset management project applied to power transformers. In Proceedings of the International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Online Conference, 20–23 September 2021; pp. 557–561. [Google Scholar]
24. Polenghi, A.; Roda, I.; Macchi, M.; Pozzetti, A. A Conceptual Model of the IT Ecosystem for Asset Management in the Global Manufacturing Context. In Proceedings of the Towards Smart and Digital Manufacturing, Novi Sad, Serbia, 30 August–3 September 2020; pp. 711–719. [Google Scholar]
25. Teoh, Y.; Gill, S.; Parlikad, A. IoT and Fog Computing based Predictive Maintenance Model for Effective Asset Management in Industry 4.0 using Machine Learning. *IEEE Internet Things J.* 2021, *1*–8. Available online: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9319212> (accessed on 1 December 2022). [CrossRef]
26. Pai, S.; Reuland, Y.; Smith, I. Data-Interpretation Methodologies for Practical Asset-Management. *J. Sens. Actuator Netw.* 2019, *8*, 36. [Google Scholar] [CrossRef]
27. Brousa, P.; Herder, P.; Janssen, M. Towards Modelling Data Infrastructures in the Asset Management Domain. *Procedia Comput. Sci.* 2015, *61*, 274–280. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
28. Campos, J.; Sharma, P.; Gorostegui, U.; Jantunen, E.; Baglee, D. A big data analytical architecture for the Asset Management. *Ind. Prod. Serv. Syst.* 2017, *64*, 369–374. [Google Scholar] [CrossRef]

29. Brous, P.; Janssen, M.; Herder, P. Next Generation Data Infrastructures: Towards an Extendable Model of the Asset Management Data Infrastructure as Complex Adaptive System. *Complexity* 2019, *5415828*, 1–17. [Google Scholar] [CrossRef]
30. Polenghi, A.; Roda, I.; Macchi, M.; Pozzetti, A. Conceptual framework for a data model to support Asset Management decision-making process. In Proceedings of the Production Management for the Factory of the Future, Austin, TX, USA, 1–5 September 2019; pp. 283–290. [Google Scholar]
31. Mattioli, J.; Perico, P.; Robic, P. Artificial Intelligence based Asset Management. In Proceedings of the International Conference of System of Systems Engineering, Budapest, Hungary, 2–4 June 2020; pp. 151–156. [Google Scholar]
32. Idowu, S.; Strüber, D.; Berger, T. Asset Management in Machine Learning: State-of-research and State-of-practice. *ACM Comput. Surv.* 2022, *55*, 1–33. [Google Scholar] [CrossRef]
33. Muñoz, A.; Yohan, C.; Casey, J. Machine learning and optimization-based modeling for asset management: A case study. *Int. J. Product. Perform. Manag.* 2020, 1149–1163. [Google Scholar]
34. Cherrington, M.; Lu, Z.; Xu, Q.; Airehrour, D.; Madanian, S.; Dyrkacz, A. Deep Learning Decision Support for Sustainable Asset Management. In *Advances in Asset Management and Condition Monitoring; Smart Innovation, Systems and Technologies*; Springer: Cham, Switzerland, 2020; Volume 166, pp. 537–547. [Google Scholar]
35. Serrano, W.; Gelenbe, E.; Yin, Y. The random neural network with deep learning clusters in smart search. *Neurocomputing* 2020, *396*, 394–405. [Google Scholar] [CrossRef]
36. Serrano, W.; Gelenbe, E. Intelligent search with deep learning clusters. In Proceedings of the IEEE Intelligent Systems Conference, London, UK, 7–8 September 2017; pp. 632–637. [Google Scholar]
37. Serrano, W. Deep reinforcement learning algorithms in intelligent infrastructure. *Infrastructures* 2019, *4*, 52. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
38. Zakhary, V.; Amiri, M.J.; Maiyya, S.; Agrawal, D.; El Abbadi, A. Towards Global Asset Management in Blockchain Systems. *Comput. Sci. arXiv* 2019, arXiv:1905.09359. [Google Scholar]
39. Lu, Q.; Tran, B.; Weber, I.; O'Connor, H.; Rimba, P.; Xu, X.; Staples, M.; Jeffery, L.Z.R. Integrated model-driven engineering of blockchain applications for business processes and asset management. *Softw. Pract. Exp.* 2020, *51*, 1059–1079. [Google Scholar] [CrossRef]
40. Maleti, D.; Maleti, M.; Al-Najjar, B.; Gomišček, B. Development of a Model Linking Physical Asset Management to Sustainability Performance: An Empirical Research. *Sustainability* 2018, *10*, 4759. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
41. Chen, L.; Xie, X.; Lu, Q.; Kumar, A.; Pitt, M.; Yang, J. Gemini Principles-Based Digital Twin Maturity Model for Asset Management. *Sustainability* 2021, *13*, 8224. [Google Scholar] [CrossRef]
42. *ISO 55000; Asset Management—Overview, Principles and Terminology*. ISO: Geneva, Switzerland, 2014.
43. Treleaven, P.; Barnett, J.; Knight, A. Real Estate Data Marketplace. *AI Ethics* 2021, *1*, 445–462. [Google Scholar] [CrossRef]
44. Serrano, W. Verification and Validation for data marketplaces via a blockchain and smart contracts. *Blockchain: Res. Appl.* 2022, *3*, 100100. [Google Scholar] [CrossRef]
45. *ISO 19650; Building Information Modelling (BIM)—Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)*. ISO: Geneva, Switzerland, 2020.
46. Volt, J.; Toth, Z. *Definition of the Digital Building Logbook*; European Commission: Brussels, Belgium, 2020; ISBN 978-92-9460-144-5. [Google Scholar]
47. *Policies, Standards, Guidelines & Procedures*; Centre for the Protection of National Infrastructure: London, UK, 2022.