

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ

Беляцкая А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Сацук С.М. – кандидат технических наук, доцент

В работе рассматривается проблема автоматизации мониторинга качества радиоподсистем мобильной связи. Предложена архитектура интеллектуальной системы, базирующейся на агрегации данных драйв-тестов из открытых источников. Разработан программный комплекс с использованием *Python*, *PostgreSQL* и *Streamlit*, реализующий ETL-процесс, математическое моделирование метрик качества, предиктивный анализ временных рядов и геоинформационную визуализацию. Внедрение системы позволяет операторам связи перейти к проактивному обслуживанию инфраструктуры.

В условиях глобальной цифровизации и перехода к экономике данных инфраструктура сотовой подвижной электросвязи становится критически важным элементом функционирования современного общества. Качество предоставляемых телекоммуникационных услуг напрямую влияет на бизнес-процессы, работу экстренных служб и комфорт конечных пользователей.

В связи с постоянным ростом объемов передаваемого трафика и усложнением архитектуры сетей (совместное использование 2G, 3G, 4G и внедрение 5G), классические ручные методы контроля качества радиоподсистемы теряют свою эффективность. Возникает острая необходимость в автоматизированных инструментах, способных не только агрегировать результаты драйв-тестов и пользовательских замеров из открытых источников, но и проводить их интеллектуальный анализ. Разработка веб-ориентированной системы, включающей модули предиктивной аналитики, пространственного ГИС-моделирования и автоматического поиска аномалий, является высокоактуальной задачей, решение которой позволит операторам связи оперативно устранять деградацию сети.

Для реализации автоматизированной системы сбора, хранения и анализа показателей качества сотовой подвижной электросвязи была выбрана многоуровневая архитектура (*Three-tier architecture*), базирующаяся на принципах микросервисного подхода. Данный подход гарантирует высокую масштабируемость системы и структурно разделен на три независимых компонента:

1. Уровень данных (*Data Layer*): физическое хранилище на базе нормализованной реляционной СУБД *PostgreSQL*. Отвечает за надежное долговременное хранение агрегированных метрик и поддержку транзакционной целостности.

2. Уровень бизнес-логики и ETL (*Logic Layer*): серверные скрипты на языке *Python*, реализующие асинхронный парсинг данных из веб-источников, очистку текстовых значений, конвертацию и нормализацию.

3. Уровень представления (*Presentation Layer*): Веб-ориентированный аналитический дашборд на базе фреймворка *Streamlit*.

Основной научной новизной разработанного комплекса является внедрение математической модели конвертации обезличенного интегрального балла качества в расчетные физические телекоммуникационные метрики: скорость передачи данных (*DL Throughput*), задержку (*Ping*) и долю потерянных пакетов (*Packet Loss*).

В систему интегрирован геоинформационный (ГИС) модуль на базе библиотеки *Plotly Mapbox*, позволяющий осуществлять пространственное распределение параметров базовых станций на цифровой карте. Интеллектуальное ядро системы включает подсистему автоматического оповещения об аномалиях (*Alert System*), генерирующую триггеры при критическом снижении нормативов связи, а также модуль предиктивной аналитики, выполняющий экстраполяцию временных рядов для прогнозирования трендов деградации сети на 30 дней вперед.

Практическое внедрение разработанной системы автоматизирует процесс формирования регламентной отчетности более чем на 90% и предоставляет инструментарий для точечного

планирования капитальных инвестиций при модернизации радиорелейного оборудования сетей мобильной связи.

Список использованных источников:

1. Об электросвязи : Закон Республики Беларусь от 19 июля 2005 г. № 45-З.
2. СТБ 1904-2022. Услуги сотовой подвижной электросвязи. Требования к качеству и методы контроля.
3. Официальная документация веб-фреймворка Streamlit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.streamlit.io>