

Методы повышения доходов от международного голосового трафика и улучшения баланса интерконнекта

А.В. Лазарян, независимый эксперт; arsen.lazaryan@gmail.com

УДК 654.14

DOI: 10.34832/ELSV.2024.55.6.018

Аннотация. Данное исследование посвящено новым, проверенным на практике методам выявления GSM-шлюзов для снижения потерь доходов операторов связи. Рассмотрены варианты дальнейшей эволюции методов детекции. Работа основана на основе анализа лучших международных практик и многолетнего опыта автора. Статья носит практический и прикладной характер и может быть использована в качестве рекомендаций операторам связи при составлении стратегии выявления международного голосового трафика, проходящего через сеть интернет, для снижения потери доходов.

Ключевые слова: GSM-шлюз, SIM- box, методы обнаружения GSM-шлюзов, алгоритмы детекции, доходы, потери доходов, интерконнект, сотовая связь.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях ожесточенной конкуренции на рынке сотовой связи операторы стремятся обеспечить оптимальные пути прохождения голосового международного и национального трафика для снижения затрат на интерконнект. Баланс взаиморасчетов между операторами сотовой связи напрямую влияет на финансовые показатели компании и является предметом пристального внимания менеджмента.

Научная новизна данного исследования заключается в комбинированном способе анализа проблематики с учетом практического опыта автора и лучших международных практик, а также с применением математического аппарата теории вероятностей в качестве доказательства возможного использования SIM-карт оператора в GSM-шлюзах. Это позволяет рассмотреть этот актуальный вопрос с разных сторон и сделать обоснованные рекомендации по способам повышения доходов операторов связи от интерконнекта и международного трафика.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленных целей исследования используются разнообразные методы, включая анализ отечественных и мировых практик, личного практического опыта автора, интервью с российскими специалистами в области телекоммуникаций, а также синтезирование и обобщение имеющихся научных данных и практических опытов.

Такой подход со значительно большей вероятностью позволит получить комплексную картину различных способов терминирования международного

голосового трафика операторов сотовой связи и выработать новые методы выявления GSM- шлюзов.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ БОРЬБЫ С GSM-ШЛЮЗАМИ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ

Одной из причин потери доходов компании от интерконнекта является прохождение международного голосового трафика через сеть интернет с использованием GSM-шлюзов (в международной терминологии SIM-box). Потери возникают по причине терминирования входящего международного трафика в обход легальных транзитных каналов через сеть интернет с использованием технологии VoIP. В такой схеме пропуск трафика отсутствует идентификатор абонента (CLI), так как на пути маршрутизации возникает промежуточное звено в виде GSM-шлюза. Такая передача голосового трафика, минуя классический интерконнект, относится к альтернативным вариантам терминирования трафика, которая негативно отражается на доходах операторов связи.

Предпосылкой для возникновения данного вида прохождения голосового трафика является разница между стоимостью терминирования международных и национальных вызовов. Часто у операторов возникает стимул приземлить международный вызов при помощи местной SIM-карты, установленной в SIM-box, и сэкономить на разнице в тарифах. Аналогичное влияние имеет и разница между стоимостью тарифов на международные и местные звонки в розничном прайсе операторов. Организаторы GSM-шлюзов получают экономическую выгоду на разнице в стоимости звонков.

Обнаружение GSM-шлюзов играет решающую роль в решении растущей проблемы обхода корректного приземления международного трафика в телекоммуникациях. Оно помогает сотовым операторам выявлять трафик, проходящий через GSM-шлюзы, чтобы предотвратить значительные финансовые потери, исчисляемые десятками и сотнями миллионов рублей в год. С помощью современных алгоритмов детекции такого вида терминирования международного трафика операторы могут обнаруживать и блокировать GSM-шлюзы, сохраняя тем самым свои доходы.

Рассмотрим более детально, из-за чего операторы мобильной связи недополучают доходы при появлении в цепочке маршрутизации GSM-шлюзов [1].

На рис. 1 показан вариант прохождения международного голосового трафика через GSM-шлюз, использующий разницу тарифов $(D) > (B)$. Предположим, что ставка терминирования международного входящего вызова (D) равна 0,13 евро/мин, а к примеру, самый дешевый местный тариф (B) составляет 0,10 евро/мин. За счет этого оператор, пропускающий международный трафик через GSM-шлюзы, может предложить тариф, который будет заведомо дешевле $(A) < (C)$ и станет интересен заказчику. Потери оператора, приземляющего звонок, равны разнице между тарифами $(D) - (B)$ и в нашем примере составляют 0,03 евро/мин.

Другой вариант схемы прохождения международного голосового трафика с использованием GSM-шлюзов изображен на рис. 2. В данной схеме используется более дешевый тариф на местные звонки других мобильных операторов. В такой схеме, в которой SIM-карта, используемая в GSM-шлюзе, и принимающий B-номер принадлежат разным операторам, оператор, чья SIM-карта используется в GSM-шлюзе, несет потери за счет оплаты приземляемого звонка. Данный эффект возникает из-за дисбаланса в структуре интерконнекта (стоимость исходящих звонков на других операторов сильно превышает стоимость входящих звонков от них). Параллельно с этим оператор терминирующей сети также несет потери за счет разницы цен $(A) < (C)$, которые в нашем примере составляют 0,03 евро/мин.

Справедливости ради стоит упомянуть, что помимо мобильных операторов неудобства испытывают и их абоненты. В отличие от вызовов, проходящих через каналы магистральных операторов, звонки, передаваемые посредством сети интернет, могут иметь временные задержки.

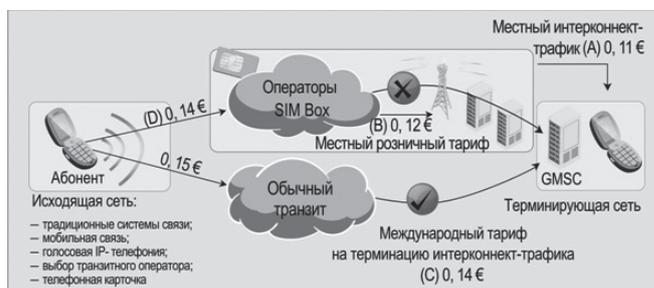
ПРОБЛЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ GSM-ШЛЮЗОВ

Одной из основных проблем в обнаружении GSM-шлюзов является постоянное совершенствование технологий, используемых в этих устройствах. При организации терминирования международного голосового трафика с помощью GSM-шлюзов постоянно

Рисунок 1
Схема On-Net обхода



Рисунок 2
Схема обхода Off-Net



применяются различные способы, усложняющие операторам связи процесс обнаружения данного вида терминирования трафика. Повысить эффективность обнаружения GSM-шлюзов можно путем обмена соответствующей информацией между операторами. Такой совместный подход доказал свою высокую эффективность в обнаружении и борьбе с GSM-шлюзами.

Другим вызовом является неурегулированность законодательной базы. Сегодня сотовые операторы России производят блокировку SIM-карт, используемых в шлюзах, на основании своих договоров оферты и правил оказания услуг подвижной связи. Разные сотовые компании прописывают в своих документах разные условия, но все они сводятся к тому, что абоненты не вправе перепродавать трафик или использовать услуги связи в целях, наносящих вред оператору.

РАЗНОВИДНОСТИ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ GSM-ШЛЮЗОВ

Вопросы обнаружения GSM-шлюзов не теряют актуальности, так как с каждым днем усложняются алгоритмы их работы, затрудняющие их детекцию. Это связано с тем, что каждое действие со стороны оператора связи вызывает противодействие со стороны организаторов терминирования трафика через GSM-шлюзы. На практике требуются надежные методы детекции, которые с высокой долей вероятности бу-

дуг выявлять шлюзовый трафик в любых ситуациях. Задачей первого этапа обнаружения GSM-шлюзов является выявление SIM-карт местных операторов связи, которые используются в устройствах, симулирующих корректное завершения международных вызовов. Второй этап сводится к определению местоположения этих устройств. Каждый из методов обнаружения имеет свои преимущества и недостатки, поэтому имеет смысл использовать одновременно несколько алгоритмов детекции, которые успешно могут дополнять друг друга для повышения эффективности.

Все методы обнаружения GSM-шлюзов можно разделить на две основные группы: пассивные и активные. Пассивные методы обнаружения основаны на мониторинге и анализе паттернов вызовов для выявления терминации международного голосового трафика с использованием GSM-шлюзов. Активные же методы обнаружения включают использование специализированного оборудования и программного обеспечения для прямого взаимодействия с устройствами, которые могут оказаться GSM-шлюзами. Принцип их работы основывается на осуществлении тестовых вызовов с последующим анализом ответов. Эти методы обычно включают использование алгоритмов голосового анализа и методов обработки сигналов для выявления любых аномалий в качестве вызова и поведении, которые могут указывать на наличие GSM-шлюза. Задачей любого метода является получить список уникальных идентификаторов абонентов сети сотовой связи MSISDN (Mobile Station ISDN number) действующих SIM-карт, используемых в GSM-шлюзах, и их своевременной блокировке для снижения потери доходов.

ТЕХНИКИ УКЛОНЕНИЯ ОТ ОБНАРУЖЕНИЯ

Чтобы усложнить процесс обнаружения операторами связи SIM-карт, устанавливаемых в GSM-шлюзы, используются различные уловки и способы уклонения от детекции. Эти методы включают манипулирование маршрутизацией вызовов, совершенствование методов шифрования и постоянное изменение идентификаторов SIM-карт. Находясь по другую сторону «баррикад», организаторы терминации трафика через GSM-шлюзы вынуждены быть постоянно на шаг впереди технологий обнаружения. Успешное уклонение от обнаружения требует непрерывной адаптации своих техник и использования новых методов.

Ярким примером такого совершенствования является применение в GSM-шлюзах таких сложных техник, как частотный переход и маскирование сигналов, географическое распределение, активное использование «человеческих» сервисов и моделей потребления трафика. Все это затруд-

няет точную идентификацию местоположения и действий операторов SIM-боксов. Организаторы терминации трафика через GSM-шлюзы могут намеренно использовать технологии, которые создают впечатление у аналитиков сотовых компаний, что SIM-карты вставлены в смартфоны реальных людей. На самом же деле они хранятся в одном месте и удаленно подключаются к GSM-шлюзам. В международных источниках [2] описаны случаи, когда SIM-боксы встраиваются даже в бытовую технику, например DVD-плееры для усложнения обнаружения. В результате возникает игра в кошки-мышки между операторами связи и владельцами GSM-шлюзов.

МЕТОД ТЕСТОВЫХ ПРОЗВОНОВ

Суть данного метода детекции заключается в осуществлении тестовых звонков с SIM-карт различных международных операторов из других стран. На основании сравнения и совпадения изначального А-номера, совершившего звонок, и номера, определившегося во время приема звонка, делается вывод о способе прохождения международного голосового трафика. Для вызовов, проходящих через SIM-box, А-номер абонента, инициирующего вызов, не совпадает с номером на принимающей стороне. Именно данная SIM-карта с номером, отличным от А-номера, и используется GSM-шлюзе.

Оценку вероятности выявления альтернативного способа приземления международного звонка при помощи SIM-box можно определить по формуле Байеса:

$$P(\text{alt}|\text{call}) = \frac{P(\text{call}|\text{alt})P(\text{alt})}{P(\text{call})},$$

где $P(\text{alt}|\text{call})$ — апостериорная вероятность прохождения звонка по альтернативному каналу; $P(\text{call}|\text{alt})$ — априорная вероятность вызова, при условии, что используется альтернативный канал; $P(\text{alt})$ — общая вероятность использования альтернативного канала; $P(\text{call})$ — вероятность вызова.

Априорную вероятность вызова при условии прохождения через альтернативные каналы можно аппроксимировать произведением условных вероятностей независимых признаков:

$$P(\text{call}|\text{alt}) \approx \prod_{i=1}^n P(w_i | \text{alt}),$$

где w_i — набор признаков, например, срок обслуживания SIM-карты, тарифный план, направление вызова. Оценка осуществляется на обучающей выборке.

Общая вероятность использования альтернативной схемы с использованием GSM-шлюзов:

$$P(\text{alt}) = \frac{\text{Call}_{\text{alt}}}{\text{Call}},$$

где $Call_{alt}$ — количество выявленных ранее вызовов, прошедших по альтернативному каналу; $Call$ — общее количество вызовов.

Этот метод обладает низкой способностью выявления GSM-шлюзов в связи с небольшой априорной вероятностью $P(call|alt)$. Однако у него высокая доказательная сила, поэтому на основе него рекомендуется формировать паттерны и характерные признаки использования SIM-карт в GSM-шлюзах и формировать обучающую выборку для других методов.

МЕТОД АНАЛИЗА CDR-ЗАПИСЕЙ

Другим распространенным способом выявления GSM-шлюзов является анализ записей о деталях вызовов (Call Detail Record, CDR). Этот метод включает получение и анализ разных параметров CDR для выявления паттернов, указывающих на возможное использование GSM-шлюзов. Ключевые параметры, на которые необходимо обратить внимание: длительность вызовов, количество пропущенных звонков и географические местоположения абонента. Изучая эти параметры, можно выявить аномалии, которые могут свидетельствовать об использовании SIM-карты в шлюзе. Во время анализа данных CDR должны насторожить аномальные длительности вызовов, большое количество пропущенных вызовов или вызовы, поступающие из нескольких географических местоположений одновременно. Выявление закономерностей в паттернах поведения абонентских номеров ложится в основу разрабатываемых алгоритмов детектирования SIM-боксов и повышения точности систем для их обнаружения [3].

При анализе отдельных характеристик и критериев аномальности важно использовать подходящие статистические распределения.

Например, для оценки аномальности количества вызовов подходит распределение Пуассона, функция вероятности которого задается уравнением

$$P(x = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda},$$

где k — количество вызовов; λ — интенсивность вызовов (среднее количество вызовов за фиксированный промежуток времени).

Если в определённые периоды времени количество вызовов значительно превышает ожидаемое, т.е. основанное на распределении Пуассона, это может указывать на аномалии, которые необходимо исследовать.

Время между последовательными вызовами в процессе Пуассона описывается экспоненциальным распределением

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t},$$

где $1/\lambda$ — среднее время между двумя последовательно идущими вызовами.

Аналогично, если время между вызовами значительно отличается от ожидаемого (основанного на экспоненциальном распределении), это может указывать на аномальную активность. Это может быть особенно полезно для выявления GSM-шлюзов, алгоритмы работы которых стремятся усложнить процесс обнаружения, осуществляя звонки с нерегулярными интервалами.

МЕТОД АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСА

Анализ качества голоса является важным аспектом методов обнаружения SIM-боксов. Этот процесс включает оценку таких параметров, как уровень сигнала, четкость звучания и задержка. Данный метод является вспомогательным и его использование целесообразно в дополнение к другим методам, так как само по себе ухудшение качества передачи голоса не означает использования схемы передачи международного голосового трафика с использованием GSM-шлюзов. Это улучшает операционную эффективность методов обнаружения SIM-боксов [4, 5].

МЕТОД АНАЛИЗА ПАТТЕРНОВ ТРАФИКА

Паттерны поведения трафика SIM-карт, используемых в GSM-шлюзах, носят весьма специфический характер. Аномальные паттерны поведения по сравнению с другими индикаторами, прямо или косвенно указывающими на прохождение звонков через SIM-box, являются ключевыми в процессе обнаружения GSM-шлюзов. Такой анализ помогает выявить отличия между традиционными вызовами и вызовами, которые маршрутизируются через GSM-шлюзы. Несмотря на усиленную маскировку SIM-карт, используемых в GSM-шлюзах, под обычные SIM-карты, применяемые абонентами операторов связи (современные GSM-шлюзы, помимо пропуска голосового трафика, отправляют SMS, создают интернет-сессии), аналитики могут сделать соответствующие выводы на основании диспропорции входящего и исходящего трафика, данных о доле SMS-сервисов в структуре потребления, продолжительности звонков, пропорции интернет- и голосового трафика (профили потребления трафика передачи данных и пользования голосовым трафиком у обычных пользователей и SIM-карт, установленных в GSM-шлюзы, различный). Путем изучения этих параметров трафика можно предположить использование SIM-карт в шлюзах.

Анализ паттернов трафика — это не только эффективный метод, который позволяет обнаружить SIM-боксы, но и инструментальный, который позволяет раскрывать скрытые паттерны другой деятельности, направленной на извлечение «абонентом» собственной выгоды и нанесение финансового ущерба оператору связи. Например, использование SIM-карт в международном роуминге в сетях

связи, не использующих онлайн-тарификацию, и пользование временным лагом между совершением международных звонков и блокировкой номера по достижению нулевого порога лицевого счета. В таком случае возникает дебиторская задолженность, которая негативно влияет на финансовые показатели операторов связи. Метод анализа паттернов трафика предоставляет ценные знания о поведении абонентов и SIM-карт, установленных в GSM-шлюзах, что помогает разрабатывать превентивные, проактивные меры для предотвращения финансовых потерь операторов связи. Например, использование SIM-карт с последовательно идущими MSISDN позволяет предположить централизованную закупку SIM-карт в одной торговой точке. Это отличает обычного абонента приобретающего SIM-карту для личного использования от лиц, приобретающих SIM-карты для целей извлечения собственной выгоды. Превентивная временная блокировка SIM-карт по подозрению в использовании ее в GSM-шлюзе позволяет предотвратить потери доходов операторов связи. Через анализ паттернов трафика сотовые операторы могут получить более глубокое понимание стратегий и тактик, используемых абонентами при использовании SIM-картами с целью нанести финансовый ущерб оператору. Все это может помочь защитить сеть сотовой связи от потенциальных уязвимостей и обеспечить целостность и надежность работы телекоммуникационной системы [6].

МЕТОД АНАЛИЗА В-НОМЕРОВ

Во время исследования различных способов выявления SIM-карт, используемых в GSM-шлюзах, была обнаружена следующая закономерность. Для этого перед проведением данного исследования был сформирован пул абонентов с номерами В, на которые совершались международные звонки с доказанным использованием GSM-шлюзов для приземления вызова. При дальнейшем анализе было выявлено, что если новая SIM-карта использовалась для совершения пяти и более звонков на сформированный ранее пул номеров В, то данная SIM-карта также с высокой долей вероятности установлена в GSM-шлюз для приземления международного голосового трафика.

Применение данного метода в совокупности с вышеперечисленными методами значительно повышает точность обнаружения GSM-шлюзов.

ПОСТРОЕНИЕ СТРАТЕГИИ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ GSM-ШЛЮЗОВ

Каждый из предложенных методов выявления GSM-шлюзов имеет свои плюсы и минусы. Для построения работающей стратегии противодействия терминции международного трафика с использованием GSM-шлюзов проведем оценку каждого метода по

совокупности факторов. Сравнение методов выявления GSM-шлюзов показано в табл. 1.

Как видим, каждый из методов детекции GSM-шлюзов имеет свои преимущества и недостатки. Немаловажным моментом является стоимость внедрения того или иного решения. Например, для осуществления тестовых соединений сложно обойтись собственными разработками и приходится прибегать к платным услугам сторонних поставщиков таких услуг. Хотя данный метод дает максимально точный результат. На практике наилучшей стратегией является использование «эффекта сита», который заключается в том, что вначале с помощью высокоуровневых методов с наименьшей стоимостью и трудозатратами выявляются SIM-карты, которые, возможно, используются в GSM-шлюзах, после чего эти SIM-карты проверяются более специфическими методами. Такой подход позволяет свести к минимуму ошибки детектирования GSM-шлюзов при сохранении относительно высокой скорости выявления.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ GSM-ШЛЮЗОВ

Стремление повысить доходы и сократить расходы бизнеса заставляет телекоммуникационные компании по всему миру совершенствовать свои методы детектирования GSM-шлюзов. Одним из многообещающих путей решения проблемы является применение алгоритмов машинного обучения (machine learning, ML) для анализа аномальных паттернов и выявления подозрительной активности. Эти алгоритмы могут обучаться на больших объемах данных для точного разделения путей приземления международного голосового трафика. Такой подход имеет потенциал для значительного повышения точности и эффективности обнаружения GSM-шлюзов, по-

Таблица 1
Сравнительный анализ методов выявления GSM-шлюзов

Метод	Сложность	Эффективность	Скорость обнаружения
Тестовые звонки	+	++	+++
Анализ CDR-записей	++	++	+
Анализ качества голоса	+++	+	+
Анализ паттернов трафика	+++	+++	+
Анализ В-номеров	++	+++	++

Примечание: знаком «+» отмечено влияние каждого фактора от минимального (+) до максимального значения (+++)

сколькo он способен адаптироваться и обучаться на новых паттернах и методах, используемых в схемах, основанных на приземлении голосового трафика через GSM-шлюзы. Более того, ML-алгоритмы могут также помочь в выявлении новых схем нанесения финансового ущерба операторам связи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Машинное обучение — это область искусственного интеллекта, которая использует данные и алгоритмы, позволяя программным приложениям обучаться и адаптироваться к новым исходным данным и паттернам поведения без необходимости участия человека. Это повышает точность прогнозирования и эффективность выявления GSM-шлюзов. Используя ML-методы, можно эффективно предугадать схему приземления международного голосового трафика еще до того, как произойдет соединение.

Традиционно выделяют следующие группы ML-алгоритмов:

- обучение с учителем (supervised learning) — каждый объект описывается признаковым пространством и однозначно размечается, например «звонок приземлен через GSM-шлюз»/«звонок приземлен не через GSM-шлюз», на основе чего строится обобщающая модель, позволяющая классифицировать все новые соединения;
- обучение с частичным привлечением учителя (semi-supervised learning), когда гарантированно известен только один класс, например «звонок приземлен через GSM-шлюз», а остальные объекты могут быть как «звонок приземлен не через GSM-шлюз», так и «звонок приземлен через GSM-шлюз»;

Таблица 2

Алгоритмы для обнаружения GSM-шлюзов

Алгоритм	Тип	Точность	Покры- тие	Стои- мость
Искусственная нейронная сеть	с учителем	средняя	среднее	высокая
Дерево решений	с учителем	средняя	среднее	высокая
Машина опорных векторов	с учителем	высокая	высокое	высокая
Генетический алгоритм	без учителя	высокая	среднее	низкая
К-ближайшие соседи	с учителем	средняя	среднее	высокая
Байесовская сеть	с учителем	высокая	среднее	высокая
Скрытая марковская модель	без учителя	низкая	низкое	высокая
Логистическая регрессия	с учителем	высокая	среднее	средняя
Случайный лес	с учителем	высокая	среднее	средняя
Наивный байесовский алгоритм	без учителя	средняя	средняя	высокая

- обучение без учителя (unsupervised learning) — модель получает неразмеченные данные и на них обучается выявлять закономерности и взаимосвязи без контроля со стороны пользователя. К этим методам относятся алгоритмы кластеризации и выявления аномалий.

ТОП-10 ML-АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ GSM-ШЛЮЗОВ

Перечисленные в табл. 2 алгоритмы машинного обучения ранжированы по частоте их упоминания в научных публикациях, посвященных методам обнаружения GSM-шлюзов. Каждый алгоритм классифицирован по типу (в табл. 2 используются переведенные на русский язык названия алгоритмов), а затем произведена его оценка с точки зрения точности, покрытия и стоимости реализации [7].

Стоит отметить, что для построения алгоритмов с учителем необходим очищенный и размеченный поток данных о звонках, приземленных через GSM-шлюзы и прошедших через магистральных операторов. Небольшие операторы связи, не имеющие базы исторических данных, могут выстроить контролируемые алгоритмы, но из-за отсутствия большого объема размеченных данных их достоверность может оказаться низкой. В таком случае целесообразно прибегнуть к построению неконтролируемых алгоритмов, так как они не зависят от наличия большого количества исторических данных. Повышение эффективности и достоверности результата достигается за счет использования обоих типов алгоритмов, поскольку единого универсального алгоритма на все случаи жизни не существует. Поскольку паттерны поведения трафика меняются, то с появлением новых данных моделям требуется время для адаптации и обучения.

Внедрение алгоритмов с машинным обучением требует значительных затрат. Как правило, бюджет расходов является одним из самых главных критериев при выборе наиболее оптимальной системы обнаружения GSM-шлюзов и ее внедрении. Принимая решение о внедрении машинного обучения, стоит понимать, что в связи с повышением точности прогнозирования результата повышаются и расходы на настройку ML-модели и квалификацию персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены различные методы выявления терминации международного голосового трафика при помощи GSM-шлюзов. Дано научное обоснование и представлен математический аппарат для подтверждения выдвигаемых гипотез. Предложенные методы тестовых прозвонов, анализа CDR-записей, паттернов трафика и В-номеров имеют практическое применение, внедрены в работу оператора сотовой связи и показали высокую эффективность обнаружения GSM-шлюзов и снижения финансовых потерь.

Помимо этого, на основании данного исследования можно сделать выводы, что аналитические способы обнаружения терминации международного трафика с использованием GSM-шлюзов совместно с технологиями машинного обучения и искусственного интеллекта являются наиболее перспективны-

ми в дальнейшем развитии мероприятий операторов связи, направленных на повышение доходов от интерконнекта. ML-методы с использованием дерева решений, логистической регрессии и опорных векторов показали большой потенциал в методах обнаружения GSM-шлюзов, обеспечивая максимально точные результаты. Применение инновационных подходов в вопросах выявления GSM-шлюзов способно повысить безопасность сетей и предотвратить потерю доходов операторов сотовой связи.

Полученные результаты могут использоваться как практическое руководство для руководителей и сотрудников операторов сотовой связи, а также для консультантов, заинтересованных в новых методиках повышения рентабельности бизнеса и предотвращения потери доходов от каналов терминации международного голосового трафика через GSM-шлюзы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Владимиров, В.** Выявление GSM-шлюзов / В. Владимиров // Вестник связи. – 2009. – № 8. – С. 52-54.
- 2. Priezkalns, E.** Digicel Wins \$10mn Damages from UPM in Simbox Fraud Trial / E. Priezkalns. – <https://commsrisk.com/digicel-wins-10mn-damages-from-upm-in-simbox-fraud-trial/>.
- 3. Kouam, A.J.** SIMBox Bypass Frauds in Cellular Networks: Strategies, Evolution, Detection, and Future Directions / A.J. Kouam, A.C. Viana, A. Tchana // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2021. – Vol. 23, Issue 4. – P. 2295-2323.
- 4. Oh, B.** Preventing SIM Box Fraud Using Device Model Fingerprinting / B. Oh, J. Ahn, S. Bae et al. // Network and Distributed System Security (NDSS) Symposium 2023.
- 5. Daka, J.C.** Smart Mobile Telecommunication Network Fraud Detection System Using Call Traffic Pattern Analysis and Artificial Neural Network / J.C. Daka, M. Nyirenda // American Journal of Intelligent Systems. – 2022. – Vol. 12, Issue 2. – P. 43-50.
- 6. Aziz, Z.** Insight into Anomaly Detection and Prediction and Mobile Network Security Enhancement Leveraging K-Means Clustering on Call Detail Records / Z. Aziz, R. Bestak // Sensors. – 2024. – Vol. 24, Issue 6. – 1716.
- 7.** The advantages of Machine Learning in Fraud Prevention. – <https://www.fraud.com/post/the-advantages-of-machine-learning-in-fraud-prevention>.

Получено 17.05.24