РАЗДЕЛ III. КОСМОС И АВИАЦИЯ

Денишева Ю.Р., Антипенкова М.А., Комиссарова Е.Д.

Анализ ключевых аспектов приоритизации рисков системы своевременного управления авиационной безопасностью

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
(Россия, Москва)

doi:10.18411/spc-22-06-2020-06

idsp: sciencepublic-22-06-2020-06

Десятилетия непрерывных усилий по устранению известных опасностей в системе воздушного пространстве и реагированию на проблемы, выявленные в результате анализа инцидентов и аварий, сделали коммерческие авиакомпании наиболее безопасным видом транспорта. Под системой воздушного пространства подразумевается общая сеть воздушного пространства, которая включает аэронавигационные средства, оборудование и услуги, аэропорты или зоны посадки, правила, положения и процедуры; информацию и услуги; трудовые ресурсы и прочие ресурсы, с помощью которых осуществляются полеты.

Задача поддержания высокого уровня безопасности для коммерческих авиакомпаний (региональных и крупных пассажирских авиакомпаний, а также грузовых авиакомпаний) усложняется динамичным характером воздушного пространства. Количество рейсов на коммерческих авиакомпаниях увеличивается; системы и процедуры управления воздушным движением модернизируются для увеличения пропускной способности и эффективности полетов в воздушном пространстве; все больше и больше автономных систем разрабатываются для авиационных и наземных систем обеспечения полетов, а малые самолеты (в первую очередь беспилотные авиационные системы) становятся все более распространенными. По мере развития системы воздушного пространства для учета этих изменений необходимо будет также разрабатывать программы обеспечения безопасности полетов, чтобы изменения в системе воздушного пространства не приводили к непреднамеренному возникновению новых рисков.

Поддержание безопасности системы воздушного пространства по мере его развития потребует широкого спектра систем и методов безопасности, многие из которых уже существуют. В данной статье рассматривается система безопасности полетов, которая могла бы выявлять и устранять высокоприоритетные проблемы безопасности по мере их появления и до того, как они станут опасными, а также проводится анализ ключевых аспектов приоритизации рисков данной системы.

К общесистемному обеспечению безопасности полетов в реальном времени следует подходить с точки зрения системы своевременного управления безопасностью полетов, которая постоянно контролирует систему воздушного пространства, оценивает собранные данные, а затем при необходимости рекомендует или инициирует действия по обеспечению безопасности. Некоторые элементы такой системы будут функционировать в реальном времени или близко к нему, в то время как другие элементы будут искать риски, анализируя тренды в течение определенного времени: часов, дней или даже более длительного периода.

Тезисно концепцию системы своевременного управления авиационной безопасностью можно описать так:

1. Постоянный контроль системы воздушного пространства для сбора данных о состоянии воздушных судов, систем управления воздушным

движением, аэропортов, погоды и т.д., а затем оценка этих данных следующим образом:

- a) Оценка данных по секундам, минутам и часам для определения или прогнозирования состояний повышенного риска на основе быстрых изменений состояния системы (различные элементы системы обеспечения безопасности будут работать в разных временных масштабах.) Данные, представляющие интерес, включают состояние и характеристики систем транспортных средств, наземных систем, операторов и погоды. Тем не менее, система не будет предназначена для прогнозирования или реагирования на аварийные ситуации, вызванные катастрофическими отказами оборудования, такими как непредвиденный отказ двигателя или поломка шасси.
 - b) Оценка данных за дневные периоды для выявления рисков на основе долгосрочных тенденций.
 - c) Обнаружение и прогнозирование состояния повышенного риска, возникающего в результате слияния факторов, ни один из которых сам по себе не заслуживает внимания.
 - d) Оценка данных в контексте глубокого понимания (1) номинальной производительности систем и операторов, (2) исторических данных, касающихся как возникновения, так и последствий нештатных ситуаций, и (3) отказоустойчивости системы воздушного пространства и ее элементов.
 - e) Оценка результатов работы системы в течение длительных периодов времени, чтобы выявить возникающие риски, которые в некоторых случаях следует добавить в список рисков, для проверки которых предназначена система.
2. Ориентация на риски, которые требуют мер по обеспечению безопасности в полете или перед полетом. Действие по обеспечению безопасности полетов может включать решение об отложении или отмене рейса, например, до изменения условий полета или ремонта оборудования. Система не будет предназначена для рекомендации действий по обеспечению безопасности, которые могут произойти в течение нескольких недель, месяцев или дольше, таких как изменения в программах обучения пилотов, эксплуатационных процедурах, конструкции оборудования или содержании плановых проверок технического обслуживания. Однако результаты системы могут быть полезны для тех, кто отвечает за эти долгосрочные области интересов.
 3. Формирование действий по обеспечению безопасности, которые могут принимать форму рекомендаций необходимых для пилотов или диспетчеров. В некоторых случаях, когда требуются срочные действия, система может быть спроектирована так, чтобы самостоятельно инициировать действия по обеспечению безопасности

Традиционный подход к оценке риска основан на оценке вероятности возникновения и последствий события. Этот подход иллюстрируется образцом матрицы оценки риска (рисунок 1), категорий серьезности (рисунок 2) и уровней вероятности (рисунок 3). Как показано, наибольшие риски возникают, когда последствия какого-либо события являются наиболее серьезными, а вероятность того, что событие происходит, является самой высокой за некоторый период времени. Риски, связанные с данным событием, уменьшаются по мере того, как предпринимаются действия по уменьшению последствий этого события и/или уменьшению вероятности того, что событие произойдет. Например, риски, связанные с отказами газотурбинных двигателей в полете, были значительно снижены в последние десятилетия благодаря усовершенствованиям конструкции, с помощью которых отказы двигателей были

чрезвычайно редкими. Более высокая надежность газотурбинных двигателей также уменьшила последствия отказа двигателя, уменьшив вероятность того, что другой двигатель выйдет из строя до того, как самолет сможет совершить аварийную посадку. Расследования несчастных случаев и инцидентов, а также методологии, использованные для этих расследований, также могут способствовать оценке рисков.

Серьезность Вероятность	Катастрофическая (1)	Критическая (2)	Небольшая (3)	Незначительная (4)
Частый (А)	Высокий	Высокий	Серьезный	Средний
Вероятный (В)	Высокий	Высокий	Серьезный	Средний
Случайный (С)	Высокий	Серьезный	Средний	Низкий
Слабый (D)	Серьезный	Средний	Средний	Низкий
Невероятный (Е)	Средний	Средний	Средний	Низкий
Ничтожный (F)	Ничтожный	Ничтожный	Ничтожный	Ничтожный

Рисунок 1 Образец матрицы оценки рисков

Описание	Категория серьезности	Критерий негативного результата
Катастрофический	1	Это может привести к одному или нескольким из следующих последствий: смерть, постоянная полная нетрудоспособность, необратимый значительный ущерб окружающей среде или денежные убытки, равные или превышающие 10 млн.долл.
Критический	2	Это может привести к одному или нескольким из следующих последствий: постоянная частичная нетрудоспособность, травмы или профессиональное заболевание, которые могут привести к госпитализации как минимум трех человек, обратимое значительное воздействие на окружающую среду или денежные потери, равные или превышающие 1 млн.долл., но менее 10 млн.долл.
Небольшой	3	Это может привести к одному или нескольким из следующих последствий: травма или профессиональное заболевание, приведшее к одному или нескольким потерянным рабочим дням, обратимому умеренному воздействию на окружающую среду или денежным убыткам, равным или превышающим 100 000 долл., но менее 1 млн. долл.
Незначительный	4	Это может привести к одному или нескольким из следующих последствий: травма или профессиональное заболевание, не приводящее к потере рабочего дня, минимальное воздействие на окружающую среду или денежные потери менее 100 000 долл.

Рисунок 2 Пример категорий серьезности

Описание	Уровень	Конкретное событие	Множество событий
Частый	А	Вероятно, часто встречается	Постоянно происходит
Вероятный	В	Произойдет несколько раз	Будет происходить часто
Случайный	С	Вероятно, случится когда-нибудь	Будет происходить несколько раз
Слабый	D	Вряд ли, но возможно возникновение	Вряд ли, но можно ожидать, что это произойдет
Невероятный	Е	Вряд ли можно предположить, что происшествие может не произойти	Маловероятно, но возможно
Ничтожный	F	Неспособный к появлению. Этот уровень используется, когда потенциальные опасности идентифицированы и впоследствии устранены	Неспособный к появлению. Этот уровень используется, когда потенциальные опасности идентифицированы и впоследствии устранены.

Рисунок 3 Пример уровней вероятности

Несколько классов риска имеют отношение к процессу выявления и определения приоритетов рисков. К ним относятся следующие:

- **Известные риски.** Риски с наивысшим приоритетом – это известные риски, которые все еще присутствуют в системе, имеют относительно высокую вероятность возникновения и могут привести к наиболее серьезным последствиям. В коммерческих перевозках это: потеря управления в полете, столкновение с землей в управляемом полете и различного рода посадки на взлетно-посадочные полосы, поскольку они приводят к наибольшему количеству смертей при эксплуатации коммерческих реактивных самолетов (рисунок 4). Все эти категории широко понимаются как важные риски для безопасности авиации, но есть конкретные проявления риска в каждой из этих категорий, которые не были хорошо охарактеризованы и для которых превентивные меры еще не в полной мере эффективны. Каждая из этих трех областей риска, несомненно, является приоритетной, и в течение многих лет они были предметом серьезных исследований в области безопасности полетов. Расследования прошлых инцидентов и несчастных случаев также должны быть доступны системе, чтобы обеспечить понимание известных рисков и предпринимать соответствующие предупреждающие действия. Будет важно – и, возможно, трудно – показать, как система может помочь снизить риски в этих областях.

Рисунок 4 Летальные исходы, связанные с зонами известного риска

- **Возникающие риски.** По мере развития системы новые риски будут возникать из-за изменений в работе (например, беспилотных авиационных систем, воздушных судов и роста воздушного движения), технологических достижений (например, все более автономных систем), расширения возможностей соединения, внедрения процедур воздушного пространства следующего поколения (например, делегирование разделения) и другие внешние и внутренние угрозы (например, кибератаки и нестабильность человеческих операторов).
- **Социальные риски.** В некоторых случаях риск может внезапно стать высокоприоритетным из-за социальных проблем. Чаще всего это происходит после громкой аварии с серьезными последствиями, которая

привлекает внимание общественности и законодательства к конкретному риску. Например, рассмотрим историю Системы предупреждения столкновений самолетов в воздухе (далее – TCAS). Федеральное управление гражданской авиации США начало разработку TCAS в 1978 году после столкновения в воздухе над Сан-Диего, в результате которого погибло 144 человека. Далее Федеральное управление гражданской авиации США начало предписывать установку TCAS в 1986 году после столкновения в воздухе над Серритосом, штат Калифорния, с 82 погибшими. Многие другие страны начали санкционировать установку TCAS в 1996 году после столкновения в воздухе над Нью-Дели с 351 смертельным исходом.

Некоторые факторы риска являются общими для многих рисков, описанных выше. Например, опасная погода способствует многим авариям, которые классифицируются как потеря управления в полете или на взлетно-посадочной полосе.

Для обычных самолетов опасная погода является известным риском. Однако для беспилотных авиационных систем (далее – БАС) опасная погода – это неизвестный риск, поскольку риск безопасности операций БАС в опасной погоде еще предстоит определить количественно, особенно в отношении небольших БАС, используемых в новых приложениях. Влияние опасной погоды на безопасность БАС вызывает особую озабоченность UAS, эксплуатируемых в густонаселенных районах или вблизи пилотируемых воздушных судов. Малые БАС, как правило, будут более восприимчивы к опасным погодным условиям, чем большие воздушные суда, из-за их малого веса и потому, что большинство операторов БАС имеют небольшой опыт и подготовку в области авиации, чем пилоты воздушных судов.

В некоторых случаях возникающий риск может имитировать один или несколько известных рисков. Например, успешная кибератака может проявиться как авария, связанная с потерей управления, выходом на взлетно-посадочную полосу или какой-либо другой известной зоной риска. Большинство воздушных и наземных систем воздушного пространства не предназначены для работы во время сложных кибератак. Общий подход к обеспечению безопасности этих систем заключается в ограничении (или устранении) возможности подключения к внешнему миру. Однако все еще существуют недостатки, которые могут привести к успешной кибератаке. Например, адресно-отчетная система авиационной связи предоставляет ключевые навигационные данные бортовым системам управления полетом, но сообщения не зашифрованы и не имеют протоколов аутентификации. Кроме того, операции навигации, связи и наблюдения в системе воздушного пространства переходят к цифровым и сетевым операциям, и это может привести к появлению новых киберуязвимостей, которые имеют отношение к рассматриваемой системе своевременного управления авиационной безопасностью. Соответственно, данную систему необходимо будет разрабатывать с учетом кибербезопасности. Однако вопросами, представляющими особый интерес для системы, являются методы обнаружения и снижения уровня киберугроз, которые могут нарушить или поставить под угрозу целостность сетей связи, навигации и наблюдения системы.

Аналогичным образом, авария, вызванная нестабильностью человека, в которой пилот совершает самоубийство, направляя пассажирский самолет в землю, может быть классифицирована как столкновение с землей в управляемом полете. Однако корректирующее действие по предотвращению таких аварий значительно отличается от корректирующего действия по предотвращению непреднамеренного столкновения с землей в управляемом полете. Усовершенствованная система своевременного управления авиационной безопасностью может в реальном времени обнаруживать нештатные физиологические особенности, связанные с нестабильностью человека. Также система сможет обнаруживать и при возможности предпринимать

корректирующие действия в ответ на неблагоприятные изменения в состоянии воздушного судна или других элементов системы воздушного пространства, вызванные нестабильностью человека, другими известными или возникающими угрозами безопасности, или атаки, связанные с нарушением физической безопасности.

Таким образом, попытка разработать систему своевременного управления авиационной безопасностью, которая может учитывать широкий спектр потенциальных рисков, является проблематичной, поскольку каждый дополнительный риск, добавляемый в область действия системы, увеличивает как стоимость разработки, так и ее сложность.

В данной статье были определены приоритеты рисков с целью ограничения сферы применения системы потенциальными рисками, которые наиболее вероятны и могут иметь серьезные последствия, если они все же произойдут. Традиционный подход, использованный при определении приоритетов рисков, основывается на исторических данных о работе обычных самолетов. Этот подход, однако, не учитывает потенциальное влияние возникающих рисков, связанных стремительными изменениями в системе воздушного пространства.

Наибольшая вероятность риска возникает, когда последствия какого-либо события являются наиболее серьезными, а вероятность его возникновения наиболее высока в течение определенного периода времени. Постоянный процесс выявления и определения приоритетов рисков, к которым будет обращаться система, важен, поскольку могут возникнуть дополнительные риски. Эти новые риски возникнут из-за изменений в работе системы воздушного пространства, технологических достижений, расширения возможностей средств связи, внедрения процедур воздушного пространства следующего поколения, таких как делегирование эшелонирования, и других внешних и внутренних угроз. Кроме того, поскольку безопасность различных элементов системы воздушного пространства улучшается и порог вероятности снижения риска уменьшается, число состояний повышенного риска, которые следует учитывать для снижения риска, будет увеличиваться. Поскольку любой подход к снижению рисков будет вносить определенные издержки в систему, приоритизация рисков необходима для облегчения разработки доступной системы.

1. Министерство обороны США, 2012 г., Стандартная практика Министерства обороны: Безопасность системы, MIL-STD-882E, Командование штаба ВВС США, База ВВС Райт-Паттерсон, Огайо, <http://www.system-safety.org/Documents/MIL-STD-882E.pdf>, с. 11-12.
2. Полное описание категорий авиационных происшествий CAST/ICAO (CICCT) www.intlaviationstandards.org. Boeing, 2017, Статистическая сводка об авариях коммерческих реактивных самолетов, эксплуатация во всем мире, 1959-2016 гг.
3. Евроконтроль, «История и будущее предотвращения столкновений в воздухе», <http://www.eurocontrol.int/articles/history-future-airborne-collision-avoidance>, 8 декабря 2017 г.
4. K.R. Duda, Z. Prasov, S.P. York, J.J. West, S.K. Robinson, and P.M. Handley, 2015, «Разработка интегрированной платформы моделирования для оценки эффективности задач в реальном времени», IEEE Aerospace Conference 2015, с. 1-9