

О РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

В.Д. Шаров, В.П. Макаров, А.А. Бутов, А.И. Орлов

Группа компаний «Волга-Днепр, Управляющая компания, г. Москва

Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Valeriy.Sharov@volga-dnepr.com, valmaka@yandex.ru, butov@mv.ru, prof-orlov@mail.ru

Введение

Итоги деятельности мировой гражданской авиации сопровождаются тщательной оценкой глобальных показателей безопасности полетов. За 2011 г. в мире зарегистрировано 28 авиационных происшествий, погибло 507 человек. Доля Российской Федерации: 6 авиационных происшествий и 118 человек, т.е. 20%, в то же время объем перевозок составляет чуть более 5%.

В 2010 г. Правительство РФ поддержало пилотный инновационный проект по разработке автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий (АСППАП) на базе Ульяновского государственного университета. К работе были подключены ведущие ученые РФ в области управления безопасностью полетов: из МГТУ им. Н.Э. Баумана, Межгосударственного Авиационного Комитета, МГТУ Гражданской Авиации, ОКБ Миля и других организаций под руководством член-корр. РАН Н.А. Махутова. Инновационный проект реализуется на базе Группы компаний (ГрК) «Волга-Днепр» и при активном участии ее ведущих специалистов и руководителей. ГрК «Волга-Днепр» специализируется в области грузовых авиаперевозок и занимает более 50% мирового рынка нестандартных грузоперевозок.

Работа проводилась по двум направлениям: (1) построение математических моделей классическими методами теории вероятностей, где это возможно (модели обнаружения разладки, теории надежности), и (2) методами теории статистики нечисловых данных, в том числе нечетких множеств (описывающих лингвистические переменные), с использованием анализа экспертных оценок, построения матриц анализа рисков и т.д. Деревья событий по 12 типам авиационных происшествий разработаны на базе многолетней статистики.

1. Модель развития авиационного происшествия в полете

Рассмотрим применение методов прогнозирования и экономической оценки рисков для безопасности полетов с целью разработки и принятия управленческих решений в АСППАП. Методы краткосрочного и долгосрочного прогнозирования основаны на использовании прикладной статистики, экспертных оценок, организационно-экономического моделирования производственных процессов авиаперевозок и возможных сценариев развития авиационных происшествий в полете.

Повышение эффективности управления безопасностью полетов – одна из приоритетных задач ГрК «Волга-Днепр». Руководящие документы Международной организации гражданской авиации (ИКАО), как показал опыт, не являются достаточными для построения эффективной системы на уровне авиакомпании.

Для выделенных в разрабатываемой АСПАП 12 типов авиационных происшествий разработаны «деревья» в соответствии с FMEA-FTA методологией. «Дерево» развития типа авиационного происшествия – это логическая схема причинно-следственных связей, отражающая вероятные сценарии развития факторов опасности и их комбинаций через промежуточные события и барьеры безопасности в авиационное происшествие определенного типа. Тип событий – непосредственно наблюдаемые обстоятельства особой ситуации с воздушным судном на земле или в воздухе, например: выкатывание за пределы ВПП, потеря управляемости в полете и другие типы событий.

Основание «дерева» составляют базовые события – проявления факторов опасности в полете, инициирующие возникновение авиационного происшествия и/или сопутствующие его развитию. Базовые события представляются в виде, позволяющем оценить вероятность их проявления на основании эксплуатационных данных авиакомпании и ожидаемых условий выполнения полета. Характеристиками базовых событий могут быть: числовые значения, случайные параметры стохастической природы с известными и неизвестными вероятностными распределениями, параметры нечисловой природы, которые могут быть рассчитаны исключительно на основании экспертных оценок. Для каждого базового события разрабатывается собственный алгоритм расчета его вероятности.

Следствием проявления факторов опасности является промежуточные события, характеризующие особую ситуацию в полете. На данном этапе возможно предотвратить авиационное происшествие использованием барьеров безопасности – своевременными и правильными действиями экипажа по парированию особой ситуации, активацией резервных и защитных систем ВС. Вершина «дерева» – авиационное происшествие определенного типа, для которого по математическому алгоритму, описывающему цепочки причинно-следственных связей «дерева», рассчитывается вероятность возникновения на разных этапах полета.

2. Применение экспертных технологий в проекте АСПАП

В проекте большой объем занимают работы с применением экспертных технологий. Разработчики УЛГУ совместно с проектной группой ГрК выделяют набор прикладных задач, для решения которых необходимо применение экспертных оценок. Так, при краткосрочном прогнозировании с использованием выделенных в проекте 12 типов событий эксперты оценивают передаточные коэффициенты (условные вероятности в обобщенных формулах Байеса). Для прогнозирования авиационных событий в Центре управления воздушными перевозками будет использована «светофорная система» (т.е. трехбалльная система: зеленый – желтый – красный), границы между областями определены с помощью экспертов. Правила принятия решений при том или ином сочетании цветов 14 светофоров могут быть выработаны только путем многоэтапной экспертной процедуры с участием опытного летного состава. Долгосрочный прогноз периодов критической вероятности авиационного происшествия строится с указанием факторов опасности (угроз) по группам «Человек», «Машина», «Среда». Предусмотрена возможность корректировки прогноза с учетом управленческих решений, для выбора которых необходимы экспертные процедуры.

Экспертные оценки используются в тех случаях, когда обширные статистические данные отсутствуют или в настоящее время недоступны. По мере накопления информации в новых базах данных и извлечения необходимой информации из имеющихся баз данных, в том числе из материалов расследований авиационных происшествий Межгосударственного авиационного комитета и автоматизированной системы обеспе-

чения безопасности полетов гражданской авиации РФ, проведения научно-исследовательских работ экспертные оценки будут заменяться на объективные данные.

Проведение экспертизы инициируется Руководителем, принимающим решение (РПР). По основным экспертизам РПР являются: Президент ГрК «Волга-Днепр», Исполнительный Президент авиакомпании «Волга-Днепр», Вице-президент по производству, Директор летной службы. РПР своим распоряжением назначает Руководителя рабочей группы (РРГ), который формирует группу экспертов - высококвалифицированных специалистов в определенной области, знания, опыт и интуиция которых позволяют им принимать правильные решения. В проектах авиакомпании «Волга-Днепр» эксперт – это сотрудник авиакомпании «Волга-Днепр» с опытом летной или руководящей работы, специалист ИАС, специалист по анализу и расшифровке полетной информации, метеоролог, специалист по аэронавигационному обеспечению полетов. Для основных экспертиз, связанных с летной эксплуатацией, привлекаются только действующие командиры воздушных судов (КВС) с опытом работы в должности КВС на данном типе воздушного судна (ВС) не менее одного года.

Вначале организаторы экспертизы планировали получить от экспертов оценки в виде частот событий (сколько определенного типа событий следует ожидать на 1000 полетов). Однако в соответствии с мнением экспертов пришлось перейти на оценки в порядковой шкале. Эксперты стали упорядочивать события по частоте, а также давать балльные оценки в шкале с пятью градациями. Таким образом, еще раз подтвердилось, что экспертам гораздо легче сравнивать объекты экспертизы, отвечать, какое событие встречается чаще, а какое реже, чем отвечать на вопросы типа: «Как часто встречается?», «Во сколько раз чаще встречается первое событие, чем второе?», «Насколько чаще встречается первое событие, чем второе?». То, что мнения экспертов чаще всего выражены в порядковой шкале, заметно усложнило процедуры сбора и анализа экспертной информации по сравнению с гипотетической возможностью получать экспертные оценки в интервальной шкале или шкале отношений.

3. Количественная оценка рисков для безопасности полетов

Количественная оценка рисков для безопасности полетов в стоимостной и натуральной форме проводится на основе анализа информации об эксплуатационной деятельности авиакомпании и формирования перечня управленческих решений из базы данных с оценкой их эффективности на основе расчета предотвращенного ущерба. Риск в стоимостном выражении – стоимость среднего ожидаемого ущерба в денежном эквиваленте на 1 час полета. Риск в натуральном выражении – вероятность гибели человека (нанесение непоправимого вреда здоровью человека или безвозвратная потеря уникального самолета Ан-124-100) в результате авиационного происшествия на 1 час полета. Система должна выполнять: расчет риска по каждому из 12 типов авиационных событий и общего стоимостного риска; выявление влияющих факторов опасности в группах «Человек», «Машина», «Среда»; выдачу рекомендаций руководителю, принимающему решение, по оптимальному набору управленческих решений; расчет остаточного риска по типу авиационного события и общего остаточного риска. Для предварительной оценки эффективности управленческих решений будут использованы разработки группы CAST (Commercial Aviation Safety Team), снизившей уровень авиакатастроф в США за период с 1997 г. по 2007 г. на 82%.

Принята вероятностно-статистическая модель риска. Ущерб – случайная величина. Риск выражается характеристиками ее распределения, но непараметрическая оценка плотности затруднена. Поэтому на первом этапе используется упрощенный вариант – расчет среднего ожи-

даемого ущерба как произведения вероятности авиационного события (рассчитывается по исходным данным об эксплуатационной деятельности авиакомпании и ожидаемым условиям полета) и среднего ущерба (рассчитывается по данным страховых случаев с экспертным учетом опыта авиакомпании). Экспертным путем определяются многие параметры, необходимые для реализации системы, например, минимальная величина ущерба (в процентах от стоимости воздушного судна) как характеристика события для его учета в долгосрочном прогнозировании. Необходимо включать также косвенный ущерб, соответствующий упущенной выгоде в связи с внеплановым ремонтом, простоем воздушного судна в течение ремонта, дополнительными расходами, вызванными использованием других воздушных судов для выполнения заключенных договоров на авиаперевозки, репутационными издержками и другими потерями.

Результаты краткосрочного или долгосрочного прогнозирования нецелесообразно выражать в вероятностях. Работникам авиакомпании трудно с практической точки зрения отличить, например, 10^{-5} от 10^{-6} . Поэтому используем стоимостные оценки риска. Например, для определенных исходных данных риск столкновения воздушного судна с птицами оценивается как 250 долл. на час полета, а риск выкатывания за пределы взлетно-посадочной полосы при посадке – как 1000 долл. на час полета. Тогда управляющие воздействия следует нацелить на снижение второго из этих рисков.

На следующем этапе разработки АСППАП предполагается более подробно анализировать риски. В частности, изучать функции распределения случайного ущерба, строить управление на основе квантилей, близких к 1, а также медианы как дополнительного к математическому ожиданию варианта среднего значения. Ввести показатели разброса случайного ущерба, двухкритериальную задачу снижения ущерба (одновременное снижение среднего ущерба и разброса) сводить к однокритериальной. Кроме вероятностно-статистической модели риска, на следующем этапе в соответствии с рекомендациями ИКАО предполагается ввести в рассмотрение модели на основе теории нечеткости и статистики интервальных данных. В АСППАП будет реализована функция автоматизированного мониторинга показателей безопасности полетов.

В соответствии с требованиями ИКАО каждая авиакомпания разрабатывает и совершенствует систему управления безопасностью полетов. Разрабатываемая ГрК «Волга-Днепр» совместно с УлГУ и консультантами АСППАП отличается гораздо более глубокой проработкой вопросов оценки, анализа и управления рисками, краткосрочного и долгосрочного прогнозирования. Единственным аналогом является система CATS, разработанная по заказу Правительства Нидерландов, однако эта система заметно проще, не использует объективные данные об эксплуатационной деятельности авиакомпании и ожидаемых условиях выполнения полета и позволяет решать существенно меньший объем задач. Поэтому можно констатировать, что АСППАП является новой в мировом масштабе инновационной разработкой, позволяющей успешно решать ключевую в авиационной отрасли проблему подготовки правил принятия решений и выдачи рекомендаций руководителям по принятию управленческих решений при управлении безопасностью полетов. Планируется, что система будет тиражироваться: передаваться авиакомпаниям и внедряться в них.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Постановления Правительства РФ № 218.