

УДК 519.254

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА РИСКОВ
АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ИНТЕРНЕТЕ****Раводин К.О., Бутов А.А., Логинов В.Р., Соловьев М.М.***ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск, e-mail: pm@ulsu.ru*

Статья посвящена описанию метода построения модулей автоматизированной системы, позволяющих оценивать вероятности возникновения опасных ситуаций в районе аэропортов на основе собранных в Интернете данных. В работе описываются общие принципы построения математических методов автоматизированной системы, управляющей рядом необходимых данных и оперативно обрабатывающей актуальную информацию по интересующему аэропорту. А именно, эта система позволит оценивать в автоматизированном режиме вероятностные меры наличия факторов опасности: случаи незаконного вмешательства в аэропортах, угрозы террористического акта, военную угрозу, ситуации политической нестабильности в регионе расположения аэропорта. Здесь изложен процесс получения данных из новостных Интернет-ресурсов с помощью поисковых систем, их обработки и последующего расчета степени угрозы возникновения чрезвычайных ситуации. Результаты работы могут быть использованы при построении и развитии соответствующих автоматизированных систем, предназначенных для оценивания и предупреждения опасных ситуаций во многих областях авиационных отраслей.

Ключевые слова: автоматизированная система, поисковые системы, Интернет, прогнозирование, вероятность авиационного события

**AUTOMATED RISK ANALYSIS SYSTEM OF AVIATION
SAFETY ON THE INTERNET****Ravodin K.O., Butov A.A., Loginov V.R., Solovev M.M.***Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, e-mail: pm@ulsu.ru*

The article is devoted to the description of the methods for construction automated systems for the purposes of probability estimation of aviation accidents in the airport area based on the data analysis of Internet sources. The basic principles of mathematical methods of automated system construction are presented. The automated system controls the necessary data and operational processes up-to-date information related to the airport. Namely, this system allows in the automatic mode to estimate the probabilistic measures of presence hazards factors: cases of unlawful interference in the airports, threats of terrorist attack, military threat, situations of political instability in the region where the airport is located. The method of the data processing for News Internet cites is developed for the estimations of threat levels in aviation safety. Results can be used at construction and development of the corresponding automated systems intended for estimation and the prevention of hazards in many areas of aviation industries.

Keywords: automated system, search systems, Internet, prediction, probability of aviation accident.

В настоящей работе рассматривается один из вспомогательных элементов системы авиационной безопасности, позволяющий применять новые методы исследования факторов военно-политической и террористической угроз. А именно, здесь описан модуль автоматизированной системы, предназначенный для анализа авиационной безопасности в мире на основе информационных новостных сайтов сети Интернет. Эта система позволит оценивать в автоматизированном режиме вероятностные меры наличия факторов опасности: случаи незаконного вмешательства в аэропортах, угрозы террористического акта, военную угрозу, ситуации политической нестабильности в регионе расположения аэропорта. Эта система необходима для повышения безопасности выполнения воздушных перевозок за счет автоматизированного вероятностного анализа информации новостных сайтов сети Интернет. На каждый фактор опасности влияют какие-то иные факторы опасностей (зачастую определяемые экспертами), которые будем называть источниками дан-

ного фактора опасности. Предполагается, что рост вероятности каждого из четырех указанных выше факторов опасности влечет увеличение частоты упоминаний слов, характерных для определенного фактора. Эти слова и количества их упоминаний также являются источниками фактора опасности. Следует отметить, что, вообще говоря, такое обозначение с бытовой точки зрения не вполне корректно, поскольку причинно-следственные связи противоположны: увеличение вероятности угрозы приводит к росту частоты упоминаний характерных слов, а не наоборот. И, тем не менее, принято называть источниками те события, которые относятся к нижнему уровню при определении вероятностей верхнего уровня. Это удобно для реализации методов и алгоритмов. Статья содержит математическую формализацию упомянутых здесь методов. Рассматриваемая тема является компонентом актуального направления, которому посвящены многочисленные исследования, работы и системы (см. например, [1, 3–5] и литературу в них).

Описание исследования угроз авиационной безопасности в аэропортах.

Исследование угроз авиационной безопасности является важным компонентом при просчете маршрутов авиаперевозок. Этому вопросу должно уделяться особое внимание, так как от этого зависят жизни людей, финансовые и материальные потери. Для исследования угроз авиационной безопасности в данной работе применяются вероятностные методы. Такие методы позволяют создавать автоматизированные системы оценивания вероятности возникновения той или иной угрозы.

Рост вероятности возникновения каждого из четырех упомянутых во введении факторов опасности приводит к большей частоте упоминаний в актуальных новостях слов, определяющих структуру определенного фактора. Такие слова и число их упоминаний являются, как это принято называть, источниками фактора опасности. Примерами таких слов для фактора опасности «Случаи незаконного вмешательства в аэропортах» являются: «Авиаудар», «Бесполетная зона», «Беспилотник» и др. Примерами слов для фактора опасности «Угроза террористического акта» являются: «Повстанцы», «Взрывчатое вещество», «Захват (самолета)», «Смертник», «Терроризм» и др. Аналогично формируется набор слов для факторов «Военная угроза» и «Ситуация политической нестабильности в регионе расположения аэропорта». Эти слова образуют четыре соответствующих массива. Заметим, что в таких массивах слова могут употребляться в новостных текстах, не связанных с военно-политической обстановкой или авиационной безопасностью, но выделяемые экспертами для проверки частот их упоминания совместно с другими словами исследуемого фактора опасности. Таким образом, входными данными для оценивания каждого фактора опасности являются найденные количества слов из перечня в сочетании с наименованием региона, а также аналогичные количества для сочетания слов.

Для автоматизированного выполнения в системе процедуры получения информации и расчета авиационной безопасности осуществляется сбор, обобщение и анализ информации по авиационной безопасности на аэродромах взлета и посадки, и информации о военно-политической обстановке в регионах полётов воздушных судов, а также расчет вероятности возникновения военно-политической или террористической чрезвычайной ситуации в районе аэропорта. Система предназначена для работы в автономном режиме, обеспечивая допол-

нительную информационную поддержку службы авиационной безопасности. Основными целями и задачами системы являются улучшение информированности сотрудников и повышение качества полетной документации соответствующих авиакомпаний, повышение оперативности и надежности при использовании и хранении информации, полученной из сети Интернета, повышение качества принятия управленческих решений за счет создания единого информационного пространства для сотрудников.

Для решения перечисленных задач реализуются методы, которые условно можно назвать математическими и техническими (информационными). Расчет угрозы, связанной с авиационной безопасностью, в выбранном аэропорту использует следующий математический метод. Все источники факторов опасности и меры авиационной безопасности в выбранном аэропорту характеризуются определенными коэффициентами значимости (обозначенными символами β'_i), определяемыми экспертно. После сбора информации по конкретному аэропорту производится перерасчет оценок состояния авиационной безопасности для него на основе использования новых данных и коэффициентов значимости. Математическая реализация методов оценивания угроз и факторов производится на основе построенной математической модели рассматриваемой системы.

Математическая модель системы оценки угроз. Приведем формальную математическую модель, позволяющую определять оценки безопасности в аэропорту. Алгоритм работы системы представляет собой последовательность процедур компьютерной обработки (с выбранным регламентом экспертного оценивания), анализ данных новостных ресурсов Интернета и анализ мер безопасности, выполняемых в аэропорту. Эти исследования осуществляются по приведенным далее формулам.

Рассмотрим вероятностное пространство (Ω, F, P) [2]. Пространство элементарных исходов Ω представляет собой множество всех возможных сценариев развития событий, анализируемых в модели. При этом рассматриваются и оцениваются вероятности событий, являющихся факторами опасности, здесь обозначаемых символами $B^i, i = 1, \dots, 4$, и событий, соответствующих происшествию, связанному с авиационной безопасностью, военно-политической или террористической чрезвычайной ситуацией. Обозначим множество событий факторов опасности символом B

$$B = \{B^1, B^2, B^3, B^4\}. \quad (1)$$

Предполагается, что данные факторы опасности B^i , $i = 1, \dots, 4$, могут привести к авиационному событию A – «Военно-политическая или террористическая чрезвычайная ситуация». Следовательно, справедлива импликация $A \subset B^1 \cup B^2 \cup B^3 \cup B^4$. В настоящей системе событие B^1 – незаконное вмешательство в службы аэропортов, B^2 – угроза, связанная с терроризмом, B^3 – угроза военного характера, B^4 – ситуация политической нестабильности. Оценивание вероятностей P событий A , B^i и их комбинаций предполагает формирование F – σ -алгебры подмножеств множества Ω , порожденной событиями из множества B и событием A [2]. Мера $P(A)$ представляет собой вероятность, оцениваемую (экспертно и экспериментально – по частотам) по факторам опасности с учетом условных вероятностей $P(A|B^i)$ и частот появления факторов B^i . Оценивание меры B производится по входным данным φ_i , представляющим собой скалярный или векторный

набор статистических показателей (характеристик). При экспертном оценивании устанавливаются оценки условных вероятностей: $q_i = P(A|B^i)$, (где q_i – коэффициент значимости для факторов опасности B^i) по результатам экспертных заключений, проводимых с регламентом обновлений в оценках q_i в виде:

$$\hat{q}_i = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r q_i^{(j)}. \quad (2)$$

Здесь $q_i^{(j)}$ – величина со значениями от 0,00 до 1,00:

$$q_i^{(j)} = Q_i^{(j)} / 100\%, \quad (3)$$

где $Q_i^{(j)}$ – ответ j -го эксперта (при общем количестве экспертов r) на вопрос: «В скольких случаях из ста фактор опасности B^i приведет к авиационному событию A ?»

Для вычисления вероятности авиационного события A воспользуемся следующей формулой:

$$P(A) = 1 - (1 - q_1 P(B^1))(1 - q_2 P(B^2))(1 - q_3 P(B^3))(1 - q_4 P(B^4)). \quad (4)$$

В качестве меры q_i используются оценки \hat{q}_i , вычисленные по формуле (2). Также в формуле (4) помимо экспертно оцениваемого значения \hat{q}_i условных вероятностей q_i входят вероятности событий B^i .

Каждый аэропорт характеризуется по ряду мер безопасности. Каждая из мер имеет свой коэффициент значимости (обозначаемый символом α_n), но не обязательно каждая из них в конкретном аэропорту выполняется. Таким образом, для каждого l -го аэропорта заполняется таблица соответствия мер безопасности.

При этом экспертами устанавливаются значения параметров α_n , где $n = 1, 2, \dots, K$ (количество мер безопасности также допускает корректировку с K на иное число).

$$\alpha_n = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r \alpha_n^{(j)}, \quad (5)$$

где $\alpha_n^{(j)}$ – значение коэффициента значимости, лежащее в диапазоне $[1, 10]$ n -й меры, выставленной j -м экспертом. Обозначим символом I_n^l факт выполнения n -й меры в l -м аэропорту. Величина I_n^l принимает значения «0» в случае отсутствия n -й меры или «1» в случае ее соблюдения в l -м аэропорту. Она выставляется оператором системы безопасности в случае поступления новых данных. Представленная экспертиза и оперативная информация соответствия мер безопасности позволяет определить ко-

эффициент безопасности l -го аэропорта K_{BA}^l по следующей формуле:

$$K_{BA}^l = \frac{\sum_{n=1}^{13} (\alpha_n \cdot I_n^l)}{\sum_{n=1}^{13} \alpha_n}, \quad (6)$$

при этом выполняется соотношение $0 \leq K_{BA}^l \leq 1$, где уровень $K_{BA}^l = 0$ соответствует отсутствию большинства необходимых мер безопасности, а уровень $K_{BA}^l = 1$ соответствует высокой безопасности l -го аэропорта.

События B^i , являющиеся факторами опасности, оцениваются по результатам анализа новостных Интернет-ресурсов и с последующим вычислением коэффициента безопасности региона $K_{БР}$. Для вычисления $K_{БР}$ проводится тестирование сообщений на указанных Интернет-ресурсах при предположении их информационной эквивалентности. Каждый новостной Интернет-ресурс анализируется по всей информации, поступившей за регламентируемый промежуток времени и ранее. Это осуществляется в соответствии с определенным временем актуальности по каждому фактору опасности B^i , которое задается администратором системы.

При этом для всех N сайтов и факторов опасности определяется количество встречаемости каждого из слов фиксированного набора в течение времени актуальности в виде векторов: $\Phi^i = (\Phi_1^i, \Phi_2^i, \dots, \Phi_{n_i}^i)$, где n_i – размерность вектора Φ^i . Входные дан-

ные ϕ^i для i -го фактора опасности позволяют построить оценку $K_{БР}^i$ (формула (8)) коэффициента безопасностей региона по значениям коэффициентов значимости β_j^i j -й компоненты i -го вектора входных данных.

Коэффициенты β_j^i j -й компоненты i -го вектора определяются по формуле:

$$\beta_j^i = \frac{1}{r} \sum_{t=1}^r \beta_j^{i(t)}, \quad (7)$$

где $\beta_j^{i(t)}$ – коэффициент значимости, выставляемый t -м экспертом для i -го фактора опасности и источника фактора опасности с номером j (в диапазоне $1 \leq j \leq n_i$). Оценка коэффициента безопасности $K_{БР}^i$ по фактору опасности с номером i производится по формуле

$$\widehat{P}(B^i) = \gamma \cdot (1 - K_{БР}^i) \cdot (1 - K_{БА}) + (1 - \gamma) \cdot (1 - K_{БР}^i \cdot K_{БА}), \quad (10)$$

где параметр $\gamma \in [0; 1]$ соответствует балансу соотношения защищенности региона и аэропорта. Значение параметра $\gamma = 0$ соответствует угрозе по i -му фактору опасности для анализируемой безопасности в исследуемом аэропорте, не компенсируемой полностью его мерами безопасности. Значение $\gamma = 1$ соответствует возможности полной компенсации мерами безопасности аэропорта угроз региона i -х факторов опасности. Реальное балансовое соотношение определяется экспертом в диапазоне $\gamma \in (0; 1)$ с первичным тестовым значением $\gamma = \frac{1}{2}$.

$$\widehat{P}(A) = 1 - (1 - q_1 \widehat{P}(B^1))(1 - q_2 \widehat{P}(B^2))(1 - q_3 \widehat{P}(B^3))(1 - q_4 \widehat{P}(B^4)). \quad (11)$$

Заметим, что в формуле (11) в отличие от формулы (4) значения вероятностей определяются их оценками по приведенным выше выражениям.

Полученное значение $\widehat{P}(A)$ позволяет оценить вероятность возникновения авиационного происшествия, связанного с факторами опасности B^i , $i = 1, \dots, 4$. Для проверки работоспособности алгоритмов была написана программа, реализующая описанный выше метод.

Программная реализация системы. Разработанная программа является автоматизированной системой сбора, хранения и анализа информации для оценки вероятности угроз, связанных с авиационной безопасностью. В системе предусмотрено цветовое обозначение выявленных уровней опасности («светофор»). Помимо вышеперечисленных целей в программе реализовано управление пользователями и их правами в системе. Любой, имеющий право,

$$K_{БР}^i = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (\phi_j^i \cdot \beta_j^i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n_i} (\phi_j^i)^2 \sum_{j=1}^{n_i} (\beta_j^i)^2}}. \quad (8)$$

Заметим, что оценка $K_{БР}^i$ лежит в диапазоне значений $[0, 1]$.

Оценки мер i -х факторов опасности $P(B^i)$ имеют следующий вид:

$$P(B^i) = \gamma \cdot \widehat{P}_1(B^i) + (1 - \gamma) \cdot \widehat{P}_2(B^i), \quad (9)$$

где $\widehat{P}_1(B^i) = (1 - K_{БР}^i)(1 - K_{БА})$ представляет собой оценку вероятности опасности при условии полной компенсации фактора мерами безопасности аэропортов, а формула $\widehat{P}_2(B^i) = 1 - K_{БР}^i \cdot K_{БА}$ определяет оценку вероятности опасности по i -му фактору при условии доминирования любой из них. Таким образом, формула (9) принимает следующий вид:

Значения $K_{БР}^i$ (полученные в формуле (8)) и $K_{БА}$ (полученные в формуле (6)) наряду с вычисленной оценкой $\widehat{P}(B^i)$ (по формуле (10)) являются результатами анализа собранной информации. Указанные значения подставляются в формулу (4), где $P(B^i)$ заменены их оценками $\widehat{P}(B^i)$. В результате получаем оценку $\widehat{P}(A)$ вероятности возникновения авиационного происшествия $P(A)$, формализованного в следующей записи:

может управлять собранными и внесенными данными. Роли пользователей распределены по четырем группам: пользователь, оператор, эксперт и администратор.

При реализации технической части на этапе проработки рейса экспертом должен производиться поиск информации по аэропорту, исходя из рассчитанных системой данных. При получении неясной информации (отсутствие информации, отсутствие точной информации) о военно-политической обстановке в регионе и о выполнении мер авиационной безопасности в просматриваемом аэропорту эксперт делает запрос по данному аэропорту. Дальнейшая работа с полученной информацией, включающая в себя работу по конкретному аэропорту, в случае, если информации недостаточно для принятия решения и требуется проработка региона, осуществляется в программе экспертом вручную. После проведения анализа полученной информации по аэропорту

или региону эксперт оценивает военно-политическую или террористическую чрезвычайную ситуацию и обозначает ее соответствующим цветовым дополнительным индикатором, если он не согласен с вычисленными системой оценками.

Заключение

Работа представляет собой описание построения автоматизированной системы анализа рисков на основе построения методов для дополнительного анализа вероятностей повышенной угрозы безопасности для аэропортов, построенных на свободном открытом анализе общедоступных новостных сайтов с помощью свободно используемых поисковых систем. Построение соответствующих модулей автоматизированных систем позволит повысить защищенность аэропортов от соответствующих угроз без специальных средств. Результаты работы могут быть использованы при построении и развитии соответствующих автоматизированных систем, предназначенных для оценивания и предупреждения опасных ситуаций во многих областях авиационных отраслей.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013, а также при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках постановления правительства РФ № 218.

Список литературы

1. Байнетов С.Д. Обеспечение безопасности полетов: проблемы и их решение // Российское военное обозрение. – 2010. – № 2 (73). – С. 22–25.
2. Ширяев А.Н. Вероятность – М.: МЦНМО, 2007. – 968 с.
3. Ale B.J.M. Further development of a Causal model for Air Transport Safety (CATS); building the mathematical heart / B.J.M. Ale, L.J. Bellamy, R. Van der Boom, J. Cooper, R.M. Cooke, L. Goossens, A.R. Hale, M.O. Kurowicka, A.L.C. Roelen, J. Spouge // Risk, Reliability and Societal Safety. –

Aven & Vinnem (eds). – 2007. – Taylor & Francis Group, London, P. 1431–1439.

4. Fuller T. Example Application of Aviation Safety Information System (AVSiS) / T. Fuller // GAIN Working Group B, Analytical Methods and Tools. – 2004. – 12 p. – URL: http://flightsafety.org/files/AVSiS_application.pdf (дата обращения: 15.10.2012).

5. Segal L.D. Introducing A.C.T. (Activity Catalog Tool): A software instrument for task and behavioral analyses / L.D. Segal, A.D. Andre // Proceedings of the ErgoCon '95 Conference. – San Jose, CA: Silicon Valley Ergonomics Institute. – 1995. – P. 73–78.

References

1. Baynetov S.D. Obespechenie bezopasnosti poletov problemy i ikh reshenie (Air safety: Problems and Solutions) // Rossiyskoe voennoe obozrenie (Russian Military Review). 2010. T. 73, no. 2. p. 22–25.
2. Shiryayev A.N. Veroyatnost' [Probability]. Moscow, MC-CME, 2007, 968 p.
3. Ale B.J.M. Further development of a Causal model for Air Transport Safety (CATS); building the mathematical heart / B.J.M. Ale, L.J. Bellamy, R. Van der Boom, J. Cooper, R.M. Cooke, L. Goossens, A.R. Hale, M.O. Kurowicka, A.L.C. Roelen, J. Spouge // Risk, Reliability and Societal Safety. Aven & Vinnem (eds), 2007, Taylor & Francis Group, London, pp. 1431–1439.
4. Fuller T. Example Application of Aviation Safety Information System (AVSiS) / T. Fuller // GAIN Working Group B, Analytical Methods and Tools. 2004, 12 p. Available at: http://flightsafety.org/files/AVSiS_application.pdf (accessed 15 October 2012).
5. Segal L.D. Introducing A.C.T. (Activity Catalog Tool): A software instrument for task and behavioral analyses / L.D. Segal, A.D. Andre // Proceedings of the ErgoCon '95 Conference. San Jose, CA: Silicon Valley Ergonomics Institute, 1995, pp. 73–78.

Рецензенты:

Андреев А.С., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой информационной безопасности и теории управления, декан факультета математики и информационных технологий, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск;

Кемер А.Р., д.ф.-м.н., профессор кафедры прикладной математики, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск.

Работа поступила в редакцию 07.11.2012.