

UMA CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DE SEGURANÇA E CONFIABILIDADE DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES: UM MÉTODO FUZZY PARA A AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE AMEAÇA ÀS OPERAÇÕES DA AVIAÇÃO CIVIL

Getúlio Marques Martins

Amaranto Lopes Pereira (Orientador)

Programa de Engenharia de Transportes – COPPE/UFRJ

RESUMO

Esta tese visa a dar uma contribuição aos estudos de segurança e confiabilidade dos sistemas de transporte. Um método fuzzy é proposto para avaliar o nível de ameaça às operações da aviação civil de um determinado País. O nível de ameaça provê a informação crucial para a definição do alerta a ser adotado no País. O nível de uma ameaça constitui, no entanto, um agregado circunstancial de diferentes condições e fatores, cujas características são, em geral, vagas, ambíguas e imprecisas, com descrições normalmente feitas por meio de expressões ou “valores” lingüísticos. Por este motivo, é difícil a abordagem por métodos tradicionais, baseados em processos estatísticos ou estocásticos. O método fuzzy aqui proposto é capaz de tratar essas expressões ou valores de uma forma simples e consistente. O método tem, como base, os princípios e conceitos da Teoria dos Conjuntos Fuzzy em associação com os princípios da Análise Hierárquica Estruturada. Três níveis hierárquicos são considerados. No primeiro, um grupo de experts AVSEC avalia a relevância dos fatores formadores do potencial das ameaças consideradas. No segundo, esse mesmo grupo faz uma estimativa do potencial de cada ameaça, com base em cada um desses fatores. No terceiro, é feita uma agregação dos potenciais individuais de todas as ameaças consideradas, obtendo-se um potencial agregado fuzzy final de todas as ameaças consideradas. A posição hierárquica deste potencial agregado fuzzy final no conjunto de números fuzzy, correspondentes aos alertas pré-definidos no sistema, indica o alerta a ser adotado no País.

ABSTRACT

This thesis aims at giving a contribution to the studies of transport systems safety and reliability. A fuzzy method is proposed for assessing the threat level to civil aviation operations in a given country. The threat level provides the crucial information for establishing the alert to be adopted in the country. The level of a threat is a circumstantial aggregate of different conditions and factors, the characteristics of which are generally vague, ambiguous and imprecise, with descriptions normally stated in linguistic expressions or values. For this reason, an approach by traditional methods, based on statistical or stochastic processes, is hard. The fuzzy method proposed is capable of dealing with these linguistic values in a simple and consistent way. The method is based on the concepts and principles of the Fuzzy Set Theory in association with the principles of the Structured Hierarchical Analysis. Three hierarchical levels are considered. In the first level, a group of experts assesses the relevance of the factors comprising the potential of the threats considered. In the second level, this same group estimates the potential of each threat, based on each one of these factors. In the third level, the individual potentials of all threats considered are aggregated to obtain a final fuzzy aggregate index of all threats considered. The hierarchical position of this fuzzy aggregate index in the set of fuzzy numbers, corresponding to the predefined system alerts, indicates the alert to be adopted in the country.

(getulio@pet.coppe.ufrj.br / amaranto@pet.coppe.ufrj.br)

UMA CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DE SEGURANÇA E CONFIABILIDADE DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE: UM MÉTODO FUZZY PARA A AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE AMEAÇA ÀS OPERAÇÕES DA AVIAÇÃO CIVIL

Getúlio Marques Martins

Amaranto Lopes Pereira (Orientador)

Programa de Engenharia de Transportes – COPPE/UFRJ

RESUMO

Este relatório destina-se a apresentar o andamento da pesquisa para tese de doutorado sobre segurança e confiabilidade dos sistemas de transporte. O problema em exame é o da avaliação do nível de ameaça à segurança da aviação civil de um determinado País. O contexto, o objetivo, a motivação, a justificativa, a metodologia adotada e o atual estágio de desenvolvimento da pesquisa são apresentados para apreciação e discussão, visando a aproveitar eventuais sugestões e contribuições de pesquisadores de diversos centros presentes no congresso.

ABSTRACT

This report aims at presenting the current stage of a doctoral research on air transport system safety and reliability. The problem examined is that of assessing the threat level to civil aviation operations in a given country. The context, objective, motivation, justification, methodology and the current stage of development of the research are presented for appraisal and discussion, with a view to obtain suggestions and contributions from researchers of different and diverse research centers attending the congress.

1. CONTEXTO

O contexto geral em que se insere o tema da pesquisa são os estudos de segurança e confiabilidade dos sistemas de transporte. O modal em exame é o do transporte aéreo, mais especificamente, o transporte aéreo civil ou, ainda, a aviação civil, como é mais conhecido internacionalmente. O escopo da pesquisa é a segurança contra atos de interferência ilícita na aviação civil. A provisão de serviços de *segurança da aviação civil* (“AViation SECurity”- AVSEC) contribui para a *segurança operacional* (“safety”) e a confiabilidade do transporte aéreo. Os serviços AVSEC incluem medidas e procedimentos de prevenção e proteção dos ativos e das operações da aviação civil contra as ameaças potenciais (atos ilícitos). Para prover serviços AVSEC em compatibilidade e proporcionalidade às ameaças, impõe-se a necessidade de avaliar o nível da ameaça.

2. OBJETIVO

Desenvolver um método para a avaliação do nível de ameaça às operações da aviação civil, que permita à autoridade competente estabelecer o alerta de segurança apropriado ao sistema de aviação civil do País.

3. MOTIVAÇÃO

Os ataques terroristas de 11 de setembro de 2001 ao *World Trade Center* e ao Pentágono evidenciaram de forma trágica a vulnerabilidade da aviação civil a atos ilícitos. O uso de aeronaves de vôos domésticos americanos nesses ataques ressaltou ainda mais essa vulnerabilidade, devido à reconhecida reputação internacional dos EUA na prevenção da aviação civil contra atos dessa natureza. Ficou patente a necessidade e a urgência de reforçar e aperfeiçoar as funções preventivas dos sistemas de segurança em operação.

Todavia, os altos custos de uma segurança aumentada enfatizaram também a necessidade de adotar o gerenciamento do risco associado às ameaças AVSEC, na gestão da segurança da

aviação civil.

4. JUSTIFICATIVA

Os potenciais das ameaças à segurança da aviação civil são os elementos de informação que dão suporte à decisão das autoridades competentes sobre o alerta a adotar para prevenir e/ou proteger o sistema de aviação civil contra a eventual concretização das ameaças.

Potenciais mal avaliados podem resultar no estabelecimento incorreto de alertas de segurança e, conseqüentemente, na adoção de medidas e procedimentos de segurança inapropriados. Isto, obviamente, compromete a eficácia das medidas e procedimentos em prover a prevenção e a proteção necessárias aos diferentes componentes de um sistema de aviação civil (aeronaves, aeroportos, passageiros, carga etc.) e suas operações, onerando, eventualmente, os custos de sua implementação.

Como um agregado circunstancial de atributos que inclui a probabilidade de ocorrência e a capacidade de infligir danos ou destruir componentes dos sistemas de aviação civil, o potencial de uma ameaça depende da combinação de condições e fatores internos e externos, entre os quais, condições sociais de um país, antagonismos internos, o valor dos ativos ameaçados e suas vulnerabilidades latentes ou adquiridas, a existência de grupos adversos e a capacidade de concretização desses grupos.

Dados e informações sobre essas condições e fatores, em grande parte, encontrados em relatórios de inteligência, são, em razão da natureza altamente subjetiva das ferramentas de análise utilizadas, vagos, ambíguos e imprecisos, tendo descrição normalmente feita por meio de expressões ou valores lingüísticos. Por estes motivos, torna-se difícil avaliar os potenciais das ameaças por métodos tradicionais, baseados em princípios e conceitos estatísticos ou estocásticos.

Todavia, essa vagueza e imprecisão das variáveis envolvidas favorecem a abordagem pela Teoria dos Conjuntos “Fuzzy” em associação com a Análise Hierárquica Estruturada. A abordagem por essa associação permite ao modelo contornar a vagueza e imprecisão inerentes às variáveis envolvidas, internalizar a experiência, o conhecimento e a intuição dos “experts”, conferir maior clareza à metodologia de avaliação e dar maior consistência aos resultados.

5. METODOLOGIA ADOTADA

O método proposto tem por base os princípios e conceitos da Lógica “Fuzzy” em associação aos da Análise Hierárquica Estruturada. Três níveis são propostos. No primeiro nível, um grupo de especialistas AVSEC avalia a relevância dos fatores selecionados como intervenientes na formação do potencial de cada ameaça considerada, gerando um índice de relevância “fuzzy” para cada fator.

No segundo nível, esse mesmo grupo de especialistas faz uma estimativa do potencial de cada ameaça, com base em cada um desses fatores. Uma agregação ponderada dessas avaliações, utilizando como pesos os índices de relevância “fuzzy” de cada um dos fatores, resulta em um potencial “fuzzy” de cada ameaça por especialista.

No terceiro nível, é feita uma agregação dos potenciais “fuzzy” de cada ameaça por especialista para todas as ameaças consideradas, obtendo-se um potencial agregado “fuzzy” final para cada ameaça.

Finalmente, esses agregados “fuzzy” finais de cada ameaça são agregados para formar o nível “fuzzy” de ameaça à aviação civil no País. Esse nível “fuzzy” é então comparado aos números “fuzzy” correspondentes aos alertas pré-definidos no sistema. A posição desse nível “fuzzy” em relação a esses números indica o nível de alerta a ser adotado no País.

6. ANDAMENTO DA PESQUISA

No atual estágio de desenvolvimento da pesquisa, encontram-se identificadas e selecionadas as ameaças potenciais à segurança da aviação civil. Os fatores intervenientes e concorrentes para a formação do potencial dessas ameaças encontram-se em processo de identificação, seleção e caracterização por *valores lingüísticos*. Os *valores lingüísticos da relevância* desses fatores formadores do potencial das ameaças, bem como os dos alertas pré-existentes, já se encontram traduzidos em números “fuzzy”, com suas respectivas funções de pertinência.

Os próximos passos serão a construção das matrizes “fuzzy” correspondentes, suas respectivas agregações lógicas e um exemplo ilustrativo. Contatos com o Departamento de Aviação Civil deverão ser feitos, no sentido de viabilizar um ensaio de aplicação do modelo, com especialistas AVSEC daquele órgão público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN, S. H. (1985). Ranking Fuzzy Numbers with Maximizing Sets and Minimizing Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 113-129.
- COSENZA, C. A. N. (2005). Notas de Aula do Curso “Introdução à Lógica Fuzzy”. Programa de Engenharia da Produção. COPPE/UFRJ
- HAIMES, Y. Y. (1998). Risk Modeling, Assessment, and Management. *John Wiley & Sons, Inc.* New York, USA.
- LIANG, , G-S. Et Al. (1991). A Fuzzy Multi-Criteria Decision Method for Facility Site Location. *Int'l. Journal of Production Research*, Vol. 29, Nº 11, 2313-2330.
- PEREIRA, A. L. (2004). Notas de Aula do Curso “Segurança e Confiabilidade de Sistemas de Transportes”. Programa de Engenharia de Transportes. COPPE / UFRJ.
- ROBINSON, K. (2001). Flexible Approach to Implementing Security Measures. *ICAO Journal*, v. 56, n 5. Montreal, Canadá.
- U.S. GENERAL ACCOUNTING OFFICE (GAO). (1998). Combating Terrorism: Threat and Risk Assessment

Can Help Prioritize and Target Program Investments. *Relatório nº GAO/NSIAD/98-74*. USA.
ZADEH, L. A. (1965), Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
ZADEH, L. A. (1975-1976), The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. *Part 1, 2 and 3, Information Science*, 8, 199-249, 301-357; 9, 43-58. *Information and Control*, 8, 338-353.

Getúlio Marques Martins (getulio@pet.coppe.ufrj.br; getmarques@terra.com.br)

Amaranto Lopes Pereira (amaranto@pet.coppe.ufrj.br)

Programa de Engenharia de Transportes, COPPE / UFRJ

Ilha do Fundão, Rio de Janeiro / RJ - Brasil