



ASAMBLEA — 39º PERÍODO DE SESIONES

COMISIÓN TÉCNICA

Cuestión 33: Seguridad operacional de la aviación y navegación aérea – Políticas

GESTIÓN DE RIESGOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACIÓN (RIMAS)

(Nota presentada por España)

RESUMEN

Resulta sorprendente que, mientras la aviación sigue siendo uno de los medios de transporte más avanzados, desde un punto de vista tecnológico, la industria y los reguladores apenas han aplicado metodologías modernas de análisis de decisión en este ámbito.

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) ha desarrollado un marco con base científica llamado RIMAS para apoyar las decisiones en gestión de riesgos de seguridad operacional a nivel del Estado, aprovechando las infraestructuras de datos de seguridad operacional disponibles.

El marco construye modelos de predicción para noventa tipos de sucesos de aviación, incluyendo, no sólo modelos predictivos para el número de sucesos y sus severidades (escala 1-5 de OACI), sino también modelos de predicción para ocho consecuencias relevantes (muertes, lesiones graves y leves, retrasos, costes de mantenimiento, costes de destrucción, costes de cancelación y costes de imagen). Además, el marco incluye un modelo para la evaluación de estas consecuencias basado en una función de utilidad multiatributo.

AESA utiliza esta información para monitorizar la seguridad operacional en la aviación, cribar sucesos y asignar adecuadamente recursos de seguridad con un modelo de optimización.

A continuación se presenta la aplicación de RIMAS para apoyar el desarrollo del Programa Estatal de Seguridad Operacional.

<i>Objetivos estratégicos:</i>	Esta nota de trabajo se relaciona con el Objetivo Estratégico de Seguridad Operacional.
<i>Repercusiones financieras:</i>	N/A
<i>Referencias:</i>	Anexo 19 – Gestión de la Seguridad (Segunda Edición) L. Cox, <i>What's wrong with risk matrices?</i>

¹ Las versiones en español e inglés fueron proporcionadas por España.

1. INTRODUCTION

1.1 La eliminación total de los accidentes e incidentes graves en la aviación es una meta deseable, pero claramente inalcanzable. La idea de sistemas libres de riesgos ha evolucionado en los últimos años hacia un punto de vista que se centra en la gestión de riesgos de seguridad operacional, pretendiendo apoyar procesos de asignación de recursos en los que se logre un equilibrio entre “producción” y “protección”. En este contexto, OACI define seguridad como *“el estado en el que los riesgos asociados a las actividades de aviación relativas a la operación de las aeronaves, o que apoyan directamente dicha operación, se reducen y controlan a un nivel aceptable”*.

1.2 Como requiere OACI, los Estados deben implementar y desarrollar el llamado Programa Estatal de Seguridad Operacional (SSP) para aplicar un enfoque preventivo para la supervisión de la seguridad operacional de la aviación y la gestión de riesgos de seguridad operacional a nivel de Estado. El SSP pretende apoyar la toma de decisiones estratégicas adoptando las mejores decisiones para la asignación de recursos limitados a las áreas donde más se necesite o sean más preocupantes desde el punto de vista de la seguridad operacional.

1.3 El Anexo 19 de OACI establece que los Estados, como parte de sus responsabilidades en gestión de la seguridad operacional, definirán y mantendrán un proceso que garantice la evaluación de riesgos de seguridad operacional asociados a los peligros identificados (3.3.4.2) y deberían desarrollar y mantener un proceso para gestionar los riesgos de seguridad operacional (3.3.5.2). Basándose en tales procesos del SSP, los Estados pueden tomar mejores decisiones en un entorno incierto en relación con los riesgos de seguridad operacional de la aviación.

1.4 Cuando la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) empezó a implementar estos procesos como parte del Programa Estatal de Seguridad Operacional (SSP) español, su personal comprendió que el estado del arte de las técnicas estándar de evaluación de riesgos de seguridad operacional en el ámbito de la aviación civil estaban lejos de estar basadas en procedimientos de evaluación del riesgo cuantitativos y científicamente soportados, poniendo el énfasis en métodos basados en matrices de riesgo y distintas aproximaciones cualitativas. Por lo tanto, AESA decidió colaborar con la Real Academia de Ciencias de España para desarrollar una metodología más robusta y rigurosa que apoyara sus procesos de decisión en la gestión de riesgos de seguridad operacional. Esta metodología se denomina RIMAS (Gestión de Riesgos de Seguridad Operacional en la Aviación).

1.5 RIMAS es una nueva metodología que hace pleno uso de numerosos métodos de Investigación Operativa, incluyendo Análisis de Decisión, Análisis de Riesgos, Simulación, Estadística Bayesiana, y Optimización, y ha sido implementada en una herramienta (en Lenguaje R!). RIMAS ha supuesto un mejor apoyo a AESA en su toma de decisiones de seguridad operacional y emplear más eficiente sus recursos en un número de áreas.

2. ANÁLISIS

2.1 RIMAS es una metodología innovadora y sistemática para la gestión de riesgos de seguridad operacional en la aviación, basada en los principios de decisión y análisis de riesgos. El proyecto RIMAS se dividió en diferentes partes, todas ellas relacionadas con el uso de mejores metodologías en el apoyo a la toma de decisiones al llevar a cabo los procesos correspondientes al SSP. RIMAS abarca: modelos para predecir los sucesos y sus niveles de severidad; modelos para predecir y evaluar las consecuencias de los sucesos; mapas de riesgo para examinar los sucesos; y, por último, un procedimiento para la asignación de recursos de gestión de seguridad operacional.

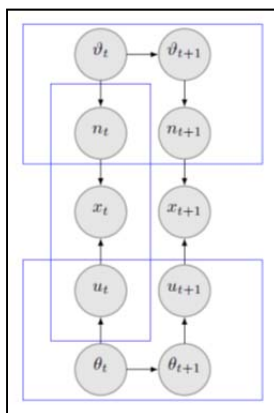
2.2 A pesar del alto nivel de seguridad operacional en la industria de la aviación, continúan produciéndose sucesos. Concretamente, en el caso de RIMAS, se consideraron 90 tipos diferentes de sucesos, cubriendo desde los impactos con aves a las salidas de pista o pasando por los fallos de motor. Se usaron cinco clases de sucesos atendiendo a su severidad: Accidente (1); Incidente grave (2); Incidente mayor (3); Incidente significativo (4); e Incidente sin efecto en la seguridad (5). Además, los sucesos de seguridad operacional implican consecuencias. Cada Estado debe examinar aquellas que le interesen para los propósitos de gestión de riesgos de seguridad operacional. En nuestro caso, después de un proceso de “lluvia de ideas” y de revisión de la literatura existente, decidimos centrarnos en las siguiente ocho consecuencias identificadas como las más relevantes en la gestión de riesgos de seguridad operacional a nivel de estado: 1. Muertes asociadas al funcionamiento del sistema de aviación; 2. Heridos leves asociados al funcionamiento del sistema de aviación; 3. Heridos graves; 4. Retrasos causados por sucesos de seguridad; 5. Cancelaciones causadas por sucesos de seguridad; 6. Reparaciones y mantenimiento producidos por sucesos de seguridad; 7. Destrucción de aeronaves; y, 8. Pérdida de imagen debida a una percepción negativa causada por sucesos.

2.3 Dada la actual configuración del sistema de aviación, y partiendo del actual nivel de seguridad operacional alcanzado, un cambio en los recursos asignados por el Estado a cada uno de los diferentes tipos de sucesos puede tener un impacto global sobre dicho nivel de seguridad operacional mediante cambios producidos en la distribución de:

- las tasas de sucesos, pretendiendo hacerlas menores y, por lo tanto, haciendo los sucesos menos frecuentes;
- las proporciones de las severidades de los sucesos, en un intento de hacer menos probables los sucesos con mayor severidad; o
- las consecuencias, reduciendo los impactos asociados, si estos se produjeran.

El objetivo final es minimizar la pérdida total esperada –coste (ver párrafo 2.6) asociada a la estrategia de asignación de recursos del SSP. Es decir, minimizar la agregación de consecuencias asociadas a los diferentes tipos de sucesos mediante la reducción de sucesos, de su severidad o de sus respectivos impactos.

2.4 *Predicción del número de sucesos.* RIMAS implementa una clase de modelos en los cuales, ambos, el número de operaciones (n) y la tasa de ocurrencia (u) puede evolucionar dinámicamente. Para este propósito, se combinan de una forma novedosa varios modelos estándar. Concretamente, usamos un Modelo Dinámico Lineal (DLM), para predecir el número de operaciones (bloque superior); un modelo de Poisson para predecir el número de sucesos (x) dada la tasa y el número de operaciones (bloque intermedio); y, finalmente, un DLM para predecir la evolución de la tasa de sucesos (bloque inferior). Con esta clase de modelos, somos capaces de tratar apropiadamente los efectos que hemos encontrado en la evolución de las tasas para todos los tipos de sucesos, principalmente con la posible presencia de componentes estacionales y de tendencia.



2.5 *Predicción de clase de sucesos.* Condicionado al número x_t de sucesos, debemos también predecir las correspondientes clases de sucesos (severidades) que, como se mencionó en la Sección 2.2, son cinco. Para la predicción de las clases de sucesos usamos el siguiente modelo Dirichlet-multinomial, suponiendo que los datos D_t disponibles hasta el comienzo del período t -th son $((s_{11}, s_{21}, \dots, s_{51}), \dots, (s_{1t-1}, s_{2t-1}, \dots, s_{5t-1}))$, y donde s_{ij} representa el número de sucesos de clase i , $i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$, en el período j , $j \in \{1, \dots, t-1\}$:

$$p|D_t \sim \text{Dir} \left(\alpha_1 + \sum_{i=1}^{t-1} s_i^1, \dots, \alpha_5 + \sum_{i=1}^{t-1} s_i^5 \right)$$

2.6 *Predicción de las consecuencias y función de pérdida.* Debemos también evaluar las consecuencias de diferentes tipos y clases de sucesos. Introducimos una función de utilidad multiatributo para las ocho consecuencias identificadas (ver Sección 2.2) y la evaluamos para todos los casos, junto con una metodología para actualizarla a partir de los datos acumulados. RIMAS predice las ocho consecuencias para los diferentes tipos de sucesos y las cinco clases de severidad. El tipo de cuestión que necesitamos abordar es, por ejemplo, suponiendo que ha habido un suceso de impacto con ave de severidad 2, predecir el número de heridos leves producidos. En algunos casos, necesitaremos distinguir entre distintos tipos de aeronaves implicadas (esto es, aviación general, trabajos aéreos, o aviación de negocios; vuelos regionales; vuelos continentales; vuelos intercontinentales) para predecir con más exactitud, el número de heridos leves. A partir de estos modelos, por agregación, podemos obtener la distribución de las consecuencias asociadas a una propuesta de Plan de Acción de Seguridad Operacional. Usamos los conceptos de función de valor multiatributo medible (coste) y aversión al riesgo relativa para obtener una Función de pérdida. Primero, agregamos las consecuencias mediante una función de valor medible y entonces asumimos que el regulador tiene una aversión al riesgo constante respecto a esta función de valor.

2.7 *Mapa de seguridad operacional y cribado de consecuencias.* Basándose en nuestra predicción y modelos de consecuencias, RIMAS emplea técnicas de simulación para proporcionar mapas de seguridad operacional para todos los tipos de sucesos de aviación así como una metodología propia para revisar las consecuencias. Un primer uso de los modelos RIMAS permite la filtración de los sucesos en los que deben centrarse los mayores esfuerzos en la gestión de riesgos de seguridad operacional. Para evitar algunos de los problemas asociados a las matrices de riesgo², RIMAS emplea mapas de riesgo en los que el eje X representa la probabilidad de sucesos de aviación y el eje Y expresa las consecuencias asociadas a dichos sucesos. Sin embargo, como las matrices de riesgos son un estándar en seguridad

² L. Cox, *What's wrong with risk matrices?*

operacional en aviación, hemos desarrollado un método para transformar un mapa de riesgo en una matriz de riesgos para el propósito de facilitar la comunicación con otras agencias de aviación. Basándonos en el mapa, dibujamos celdas para separar los sucesos teniendo en cuenta los puntos de corte para las pérdidas y las frecuencias propuestas por el propietario del problema. Después ajustamos los niveles para que sean equidistantes, de acuerdo a la definición de matrices de riesgo, lográndolo a través de simples transformaciones afines. Por último, especificamos los colores de las celdas, de acuerdo al estándar propuesto por OACI.

2.8 *Asignación de recursos de seguridad operacional.* RIMAS presenta dos versiones del modelo general: a) estocástico (usando técnicas de simulación Monte Carlo); y b) determinista (basado en los valores esperados de variables aleatorias relevantes), para ser implementados dependiendo del nivel de precisión requerido y de los recursos computacionales disponibles.

3. CONCLUSIÓN Y DESAFÍOS FUTUROS

3.1 En llamativo contraste con la sofisticación tecnológica alcanzada en el sistema de aviación, desde una perspectiva de ingeniería aeronáutica, la gestión de riesgos de seguridad operacional en la aviación está impregnada de métodos poco sofisticados desarrollados alrededor del concepto de matriz de riesgos, con sus potenciales inconvenientes. España ha desarrollado una metodología para la gestión de riesgos de seguridad operacional basada en sólidos principios del análisis de decisión y riesgos.

3.2 Tal y como se ha descrito anteriormente, RIMAS supone implantar un enfoque en la gestión de riesgos de seguridad operacional en la aviación verdaderamente innovador, basado en la aplicación de numerosas herramientas y técnicas de Investigación Operativa. De hecho, RIMAS permite identificar y clasificar las áreas de mayor riesgo de seguridad operacional en la aviación en España, y después, distribuir recursos, asignándolos como programas de ejecución dentro del Plan de Acción de Seguridad Operacional en la Aviación (PASO). La Agencia española es ahora capaz de apoyar mejor sus decisiones y discutirlos convincentemente con los numerosos agentes involucrados (compañías aéreas, controladores de tránsito aéreo, pilotos, proveedores de servicio aeroportuarios, otras agencias nacionales de seguridad operacional en la aviación, por nombrar algunos). Su implementación práctica ha sido facilitada mediante una herramienta R! que ha dado soporte en todas las fases de la metodología RIMAS.

3.3 Como parte de su SSP, cada Estado requerirá a los proveedores de servicios de aviación bajo su autoridad, implementar un Sistema de Gestión de la Seguridad (SMS). Los procesos principales SMS –gestión de riesgos de seguridad operacional y aseguramiento de la seguridad operacional- son similares a los procesos SSP implementados a nivel estado. Por consiguiente, las técnicas usadas en este proyecto podrían ser empleadas en el marco de los Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional a nivel de la industria de la aviación. Esto supondrá interesantes posibilidades para los proveedores de servicios y productos en las áreas de evaluación del riesgo de seguridad operacional, control de riesgos de seguridad operacional, y toma de decisiones en el sector de la aviación.