

อุบัติเหตุของอากาศยานในการบินพาณิชย์ ตอนที่ 2 สาเหตุและรากเหง้าของปัญหา

Aircraft Accidents in Commercial Aviation Part 2 The Cause and Root of the Problem

สุจิต ห่วงสุวรรณ¹, เขมณัฏฐ์ อำนวยวรชัย¹, สุกัญญา สมมติดวง¹ และ สุธาสินี รูปแก้ว¹
Sutit Huangsuwan¹, Khemmanat Aumnaiworachai¹, Sukanya Sommaneedoung¹ and
Suthasinee Roopkaew¹

¹คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Aviation, Eastern Asia University

Received: January 31, 2023

Revised: March 16, 2023

Accepted: March 16, 2023

บทคัดย่อ

รายงานอุบัติเหตุในการบินพาณิชย์ส่วนใหญ่ มีข้อสรุปว่า สาเหตุมาจากความผิดพลาดของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการวิเคราะห์รากเหง้าของปัญหาแล้ว พบว่า ความผิดพลาดของมนุษย์เปรียบเสมือนยอดของภูเขาน้ำแข็ง ซึ่งเป็นส่วนที่สังเกตเห็นได้ง่าย ขณะที่สาเหตุอื่นอีกจำนวนมากที่สังเกตได้ยากกว่า บทความนี้นำเสนอ สาเหตุของอุบัติเหตุ และรากเหง้าของปัญหา ตัวแบบสาเหตุของอุบัติเหตุประกอบด้วย ตัวแบบโดมิโน, ตัวแบบสาเหตุการสูญเสีย, ตัวแบบเนยสวิส, ตัวแบบการแพร่ระบาด, ตัวแบบสแตมปี, ตัวแบบแฟรม และตัวแบบเชลล์ ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า รากเหง้าของปัญหาเกิดจาก ความสัมพันธ์เชิงพลวัตของปัจจัยด้านความเปลี่ยนแปลง มนุษย์ และระบบ

คำสำคัญ: อุบัติเหตุของอากาศยาน, มนุษย์ปัจจัย, สาเหตุของอุบัติเหตุ, รากเหง้าของปัญหา

Abstract

Most reported accidents in commercial aviation have concluded that they were caused by human error. However, after analyzing the root causes of the problem, it was found that human error was similar to the tip of the iceberg which was quite overt while there were many other causes that were relatively unnoticeable. This article presents the cause of the accident and the root cause of the problem. Accident causation models are consisted of Domino Model, Loss Causation Model, Swiss Cheese Model, Epidemiological Model, STAMP Model, FRAM Model and SHELL Model. The results of the analysis revealed that the root cause of the problem lies in the dynamic relationship of change, human and system factors.

Keywords: aircraft accident, human factor, cause of accident, root of the problem



บทนำ

ตามรายงานอุบัติเหตุของอากาศยานในการบินเกือบทั้งหมด มีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับความผิดพลาดของมนุษย์ (human error) หรือเรียกว่า มนุษย์ปัจจัย (human factor) ตามข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้ว แสดงว่า สาเหตุจากมนุษย์มีประมาณร้อยละ 70-80 ของอุบัติเหตุทั้งการบินทหารและการบินพลเรือน (Committee on Aircraft Certification Safety Management, 1998; Shappell & Wiegmann, 2000) ตามการวิเคราะห์ของบริษัทโบอิง igitการผลิตอากาศยานที่ใหญ่ที่สุด 1 ใน 2 ของโลก เปรียบเทียบให้เห็นว่าในระยะเวลาคริสต์ทศวรรษที่ 1900 อุบัติเหตุทางการบินเกิดจากความบกพร่องของอากาศยานร้อยละ 80 เกิดจากความบกพร่องของมนุษย์ร้อยละ 20 กลับกันกับคริสต์ทศวรรษที่ 2000 สาเหตุร้อยละ 80 เกิดจากมนุษย์ และเกิดจากความบกพร่องของอากาศยานร้อยละ 20 (Rankin, 2008, pp. 15-21) สถิติจากการสอบสวนอุบัติเหตุของกิจการประกันภัย พบว่า ร้อยละ 95 ของอุบัติเหตุทางการบินทั้งหมด เกิดจากความผิดพลาดของบุคคล และนักบินเป็นบุคลากรที่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุมากที่สุด (Allianz, 2021) มีข้อสรุปจากการวิเคราะห์อุบัติเหตุจำนวนมากว่าอุปสรรคอย่างเดียวที่ทำให้การบินไม่สามารถมีความปลอดภัย 100 เปอร์เซ็นต์ได้ คือ ปัจจัยมนุษย์ ปัจจัยที่ดีที่สุดของความปลอดภัยในการบินคือ นักบินที่มีการฝึกฝนและคุณสมบัติเพียงพอ (Griffin, 2010) ดังนั้น การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุอากาศยานที่มีประสิทธิผลที่สุด คือ การลดความผิดพลาดของมนุษย์

อย่างไรก็ตาม จากการพัฒนาแนวคิดด้านการจัดการความปลอดภัย พบว่า ความผิดพลาดของมนุษย์นั้นเป็นเพียงสาเหตุที่สังเกตได้ง่ายของอุบัติเหตุ ในความเป็นจริงมีสาเหตุต่อเนื่องมาก่อนแล้วหลายชั้น (Wiegmann, Faaborg, Boquet, Detwiler, Holcomb, & Shappell, 2005; Woods, Dekker, Cook, Johannesen, & Sarter, 2010) หรือมีสาเหตุประกอบกันหลายด้าน เช่น ความล้มเหลวของกลไก (mechanical failure) และเหตุที่คาดการณ์ไม่ได้ (unforeseen event) ความผิดพลาดของมนุษย์เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุได้ หากปัจจัยอื่น ๆ ไม่เกิดขึ้นประกอบกันในลักษณะพอดีตามแนวคิดแบบเนยสวิส (Swiss Cheese Model) (Reason, 2000, pp. 768-770) อนึ่ง มนุษย์ปัจจัยนั้น

สามารถส่งผลทั้งทางบวกและทางลบต่อความปลอดภัยในการบิน (Graeber, 2015) บทความนี้ นำเสนอสาเหตุของอุบัติเหตุและรากเหง้าของปัญหา

พัฒนาการของการวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุในการปฏิบัติงาน

อุบัติเหตุเกิดขึ้นในทุกสาขาอาชีพ มีความพยายามที่จะค้นหาสาเหตุและกำหนดมาตรการที่ใช้การป้องกันและลดจำนวนอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานลงมาเป็นเวลานานแล้ว ความพยายามที่มีหลักฐานทางเอกสารครั้งแรก คือ นโยบายของ อี. ไอ. ดูปองท์ (E.I. Du Pont) ผู้ก่อตั้งกิจการ ดูปองท์ ที่กำหนดนโยบายว่า “เราจะต้องทำความเข้าใจ อันตรายที่เราใช้ชีวิตอยู่ด้วย (We must seek to understand the hazards we live with)” เมื่อปี ค.ศ. 1802 เนื่องจากในระบายนั้น บริษัท ดูปองท์ รับสัมปทานในการผลิตกระสุนให้กับกองทัพสหรัฐอเมริกา (Klein, 2009, pp.114-122) ซึ่งเป็นที่เข้าใจได้ว่าจะมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นหลายครั้ง ดังนั้นจึงทำให้มีการพัฒนาแนวทางป้องกัน การเกิดอุบัติเหตุมาอย่างต่อเนื่อง ต่อมาในปี ค.ศ. 1915 ได้กำหนดเป้าหมายการบาดเจ็บเป็นศูนย์ (DeBlois, 1915) และทำนองเดียวกับการผลิตอาวุธและกระสุนของกองทัพสหราชอาณาจักรในช่วงสงครามโลก ครั้งที่ 2 คณะกรรมการสุขภาพในอุตสาหกรรม (British Industrial Health Board) กำหนดว่า การป้องกันอุบัติเหตุถือเป็นหน้าที่สำคัญของโรงงานผู้ผลิต (Surry, 1969)

ในเวลาต่อมาได้มีการศึกษาวิจัย เรื่องสาเหตุของอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานหลายสาขาอาชีพ จุดประสงค์เพื่อลด หรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ แนวทางการศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ (1) การให้ความสำคัญกับลักษณะบุคคล (personal characteristic) และต่อมาได้ขยายขอบเขตออกมาสู่ (2) การให้ความสำคัญกับสภาพแวดล้อม (environment) ในหน่วยงาน และ (3) การมองภาพรวมในลักษณะระบบ ตัวอย่างแนวคิดและ ผลการศึกษาบางส่วน ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาสาเหตุของอุบัติเหตุระยะแรก

การศึกษาระยะนี้ให้ความสำคัญกับลักษณะส่วนบุคคล เป็นปัจจัยที่ได้รับความสนใจในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอุบัติเหตุในระยะเริ่มแรกคือ ประมาณ

ปี ค.ศ. 1900 ตัวอย่างแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคล คือ

1.1 ทฤษฎีความโน้มเอียงของการเกิดอุบัติเหตุ (Accident-Prone Theory) ของ เมเยอร์ กรีนวูด (Major Greenwood) และ ฮิลดา เอ็ม. วูดส์ (Hilda M. woods) จากการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ในปี ค.ศ. 1917 ของกระทรวงยุทธโศภรณ์ (Ministry of Munition) ของสหราชอาณาจักรในขณะนั้น ชี้ให้เห็น ความโน้มเอียง (tendency) ของบุคคลที่มีสภาวะสุขภาพ บุคลิกลักษณะ สภาพจิตใจ และอารมณ์แตกต่างกัน จะเกิดอุบัติเหตุต่างกัน (Greenwood & Woods, 1919)

1.2 แนวคิดเรื่อง แนวโน้มอุบัติเหตุ (Accident Tendency) มาจากคำเยอรมันว่า “Unfall neigung” ของ คาร์ล มาร์เบ (Karl Marbe) นักจิตวิทยา ที่ได้รับการยอมรับให้ใช้ข้อพิสูจน์ทางจิตวิทยา ในการพิจารณาความผิดของผู้รับผิดชอบอุบัติเหตุเป็นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1911 (Marbe, 1935, pp. 102–103) โดยการ ใช้ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของกิจการประกันภัยในเยอรมนี ระบุว่า บุคลิกภาพของบุคคล 2 กลุ่ม คือ ผู้ที่มีลักษณะ เอ็กซ์ (X) เป็นผู้มีความโน้มเอียงที่จะไม่เกิดอุบัติเหตุ คือ บุคคลที่มีระเบียบ มีเป้าหมาย มีความพึงพอใจในการดำรง ชีวิต เคารพสิทธิของผู้อื่น ฯลฯ ส่วนผู้ที่มีลักษณะวาย (Y) เป็นผู้มีความโน้มเอียงที่จะเกิดอุบัติเหตุ คือ บุคคลที่ไม่มี ระเบียบ ไม่มีเป้าหมาย ขาดความพึงพอใจในการดำรง ชีวิต สนใจตัวเองมากกว่าผู้อื่น ฯลฯ ซึ่งคล้ายคลึงกับผล การศึกษาเรื่อง บุคลิกภาพ (personality) ของบุคคลที่ เสี่ยงต่ออุบัติเหตุทางถนน (road accident) ของ ลินเนตต์ ชอร์ว (Lynette Shaw) และ เฮอร์เบิร์ต เอส. ชิเซล (Shaw & Sichel, 1971)

1.3 แนวคิดเรื่อง หน่วยการเปลี่ยนแปลง ในชีวิต (Life Change Unit) ของ ดี. อัลคอฟ (D. Alkov) (Alkov, 1972) ได้กำหนดค่าสำหรับความเครียดจากความ เปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่น การตายของคู่สมรส มีค่า 100 หน่วย การติดคุก 63 หน่วย ฯลฯ ซึ่งหากมีความเปลี่ยนแปลง หลายอย่างมาประกอบกัน จะส่งผลให้บุคคลนั้น ขาดความ พร้อมที่จะปฏิบัติงาน ผลการวิจัยในประเทศเกาหลี พบ ว่า การตายของบิดามารดาส่งผลกระทบมากที่สุด (Kang, Hahm, Yang, & Kim, 2008, pp. 470–476) ลักษณะ ส่วนบุคคลอื่น ๆ เช่น อายุ พบว่า ในช่วงอายุ 23–25 ปี มี

อุบัติเหตุสูงสุด (Schulzinger, 1956) สายตาสัมพันธ์กับ อุบัติเหตุการปฏิบัติงานในที่มืดแสงน้อย (Tiffin, 1949, pp. 499–502) รวมทั้ง ระดับสติปัญญา (intelligence) (Hegin, 1927, pp. 81–87) เวลาการตอบสนอง (reaction time) (Welchsler, 1926, pp. 24–30) เป็นต้น

แนวคิดกลุ่มนี้ มุ่งความสนใจไปที่ตัวบุคคล คือ บุคลิกภาพ นิสัย สภาพทางจิตใจ และร่างกาย ไม่ให้ความสนใจกับปัจจัยอื่น ซึ่งขัดแย้งกับความเป็นจริง ส่งผลให้เกิด มุมมองที่กว้างกว่า คือ เริ่มมองไปที่สภาพแวดล้อมต่างๆ ด้วย ซึ่งถือได้ว่าเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับความเป็นจริง มากขึ้น

2. การศึกษาสาเหตุของอุบัติเหตุระยะที่ 2

การศึกษาในระยะนี้เริ่มให้ความสำคัญ กับสภาพแวดล้อม เนื่องจากมีการยอมรับว่า อุบัติเหตุไม่ได้เกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์แต่เพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลกระทบมาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในองค์กรเอง ตัวอย่างแนวคิดในแง่นี้ คือ

2.1 ระบบการวิเคราะห์และจำแนกมนุษย์ ปัจจัย (Human Factors Analysis and Classification System–HFACS) ของ สก็อต เอ. แชปปเปล (Scott A. Shappell) และ ดักลาส เอ. เวกมานน์ (Douglas A. Wiegmann) (Wiegmann & Shappell, 2001) ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุทางการบินของสหรัฐอเมริกา ที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 1990 ถึงเดือน ธันวาคม ปี ค.ศ. 1996 แสดงรูปแบบของอันตรายซ่อนเร้น (latent) 3 ระดับ คือ องค์การการกำกับดูแล และเงื่อนไข ที่ส่งเสริมอุบัติเหตุ ก่อนมาถึงองค์ประกอบสุดท้าย เรียกว่า อันตรายที่มองเห็นได้ (active) คือ ความผิดพลาดจาก มนุษย์จึงทำให้มองว่า มนุษย์ คือ ต้นเหตุของเกิดอุบัติเหตุ ในความเป็นจริงความผิดพลาดของมนุษย์เป็นผลพวงมาจากความผิดพลาด หรือความไม่เหมาะสมอื่น ๆ อีกหลาย ประการ

2.2 ทฤษฎีรูปแบบระบบความปลอดภัย มีผู้เสนอแนวคิดทำนองนี้หลายแนวคิด เช่น โรเบิร์ต เจ. ฟิเรนซ์ (Robert J. Firenzen) และ เจมส์ บี. วอลเตอร์ (James B. Walters) ชี้ว่า สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน 3 ส่วน คือ คน เครื่องจักร และสิ่งแวดล้อม (Firenzen & Walters, 1981) แนวคิดเรื่อง ความล้า (fatigue) ของเอเทียน

แกรนด์เจียน (Etienne Grandjean) (Grandjean, 1979, pp. 175-186) ซึ่งเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ คือ ระยะเวลาการทำงาน ลักษณะของงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน รวมทั้ง สภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิตต่าง ๆ หากระดับความล้าสูงขึ้นจนเกินขีดจำกัดที่ผู้ปฏิบัติงานรับได้ ย่อมเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ทำนองเดียวกับ ทฤษฎีมูลเหตุเชิงซ้อน (Multiple Causation Theory) ของ แดน ปีเตอร์สัน (Dan Peterson) (Peterson, 1978) ซึ่งสรุปว่า อุบัติเหตุย่อมเกิดขึ้นได้จากเหตุต่าง ๆ หลายอย่างซึ่งอยู่เบื้องหลัง เสนอว่า ไม่ควรแก้ไขสภาพและการกระทำที่ไม่ปลอดภัยเท่านั้น จะต้องคิดแก้ไขเบื้องหลังของสิ่งเหล่านั้นก่อน

3. การศึกษาสาเหตุของอุบัติเหตุระยะที่ 3

ในปัจจุบันทุกสาขาอาชีพยึดถือตรงกันว่าความปลอดภัยต้องมาก่อน (safety first) ในอุตสาหกรรมการบิน องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศกำหนดไว้ในแผนความปลอดภัยการบินระดับโลก (Global Aviation Safety Plan) ปี ค.ศ. 2020-2022 ว่าผู้ดำเนินงานทุกหน่วยจะต้องมีระบบการจัดการความปลอดภัย (Safety Management System--SMS) ซึ่งหมายถึง แนวทางเชิงระบบ (systematic approach) ในการจัดการความปลอดภัย คือ การจัดโครงสร้างองค์กร (organizational structure) ความตระหนักในพันธะหน้าที่ (accountability) ความรับผิดชอบ (responsibility) นโยบาย (policy) และขั้นตอน (procedure) ที่จำเป็นทั้งหมด (International Civil Aviation Organization--ICAO, 2020) แสดงว่าการป้องกันอุบัติเหตุ จึงหมายถึง ความสามารถในการระบุกระบวนการใด ๆ ที่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุได้ก่อนการเกิดอุบัติเหตุ เริ่มเกิดแนวคิดที่ว่า จะต้องดำเนินการแก้ไขป้องกันอย่างเป็นระบบ ไม่ใช่เน้นไปที่ปัจจัยมนุษย์เพียงส่วนเดียว

อนึ่งการจำแนกองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ นั้น จำแนกได้หลายลักษณะ ในที่นี้ขอนำเอาการจำแนกของสมาพันธ์วิชาชีพสุขภาพและความปลอดภัย (Health and Safety Professionals Alliance) ประเทศออสเตรเลียร่วมกับสถาบันอุดมศึกษาหลายสถาบัน (Toft, Dell, Klockner, & Hutton, 2012) จำแนกแนวความคิดเรื่องสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุออกเป็นตัวแบบสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ (accident causation models) 3 กลุ่ม คือ ตัวแบบผลกระทบทิศทางเดียวแบบง่าย (simple sequential

linear models) ตัวแบบผลกระทบทิศทางเดียวแบบซับซ้อน (complex linear models) ตัวแบบผลกระทบหลายทิศทางแบบซับซ้อน (complex non-linear models) แนวความคิดของ 3 กลุ่มนี้ ความจริงแล้ว คือ การเปรียบเทียบแนวคิดในอดีตมาทั้งหมดดังกล่าวแล้ว คือ ระยะแรกเมื่อประมาณ 100 ปีที่ผ่านมาที่ยึดถือว่า สาเหตุมีแหล่งเดียวและส่งผลกระทบทางเดียว มีจุดเริ่มต้น หรือ “รากเหง้า” (root) มาจากตัวบุคคล ระยะที่สอง ถือว่ามีหลายสาเหตุส่งผลกระทบพร้อม ๆ กัน ซึ่งอาจสังเกตโดยตรงไม่ได้ หรือ “แฝง” (latent) อยู่ และระยะที่ 3 ถือว่ามีหลายสาเหตุปฏิสัมพันธ์กัน คาดคะเนได้ยากถึงผลกระทบ หรือพร้อมที่จะ “ปะทุ” (emergent) โดยกะทันหัน มีแนวโน้มว่าแนวความคิดแรกจะได้รับความสนใจในการนำไปใช้น้อยลงและแนวคิดที่ 3 จะได้รับความสนใจมากขึ้น หลักการและแนวคิดพอเป็นสังเขป ดังต่อไปนี้

3.1 กลุ่มตัวแบบผลกระทบทิศทางเดียวแบบง่าย
ตัวแบบสาเหตุของอุบัติเหตุกลุ่มนี้ อยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่ว่า อุบัติเหตุเป็นผลมาจากปัจจัยหลายประการ ปัจจัยแต่ละด้านส่งผลกระทบไปยังปัจจัยต่อไปเป็นลำดับในทิศทางเดียว ตัวอย่างตัวแบบในกลุ่มนี้ คือ ตัวแบบโดมิโน (Domino Model) และตัวแบบสาเหตุการสูญเสีย (Loss Causation Model)

1. ตัวแบบโดมิโน เป็นแนวคิดของ เฮอริช เบิร์ต ดับเบิลยู. ไฮน์ริช (Herbert W. Heinrich) (Heinrich, 1931) หลักการคือ การบาดเจ็บและความเสียหายต่าง ๆ ที่เกิดจากอุบัติเหตุ และอุบัติเหตุเองเป็นผลมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยตามลำดับ ซึ่งเปรียบเทียบได้เหมือนตัวโดมิโนที่เรียงกันอยู่ 5 ตัวใกล้กัน เมื่อตัวที่หนึ่งล้มย่อมมีผลทำให้ตัวโดมิโนถัดไปล้มตามกันไปด้วย ดังที่เรียกกันว่า “ลูกโซ่ของอุบัติเหตุ” (accident chain) ตัวโดมิโนทั้ง 5 ตัว ได้แก่ (1) ภูมิหลังของบุคคล (background) (2) บุคลิกส่วนตัวของบุคคล (personal characteristic) (3) การกระทำหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย (unsafe acts/unsafe conditions) (4) อุบัติเหตุ (accident) (5) การบาดเจ็บ (injury) ตามภาพ 1



ภาพ 1 ผลกระทบตามลำดับตามตัวแบบโดมิโน

Note: From *Industrial Accident Prevention: A scientific approach.* by Heinrich, H. W., 1931, New York: McGraw-Hill.

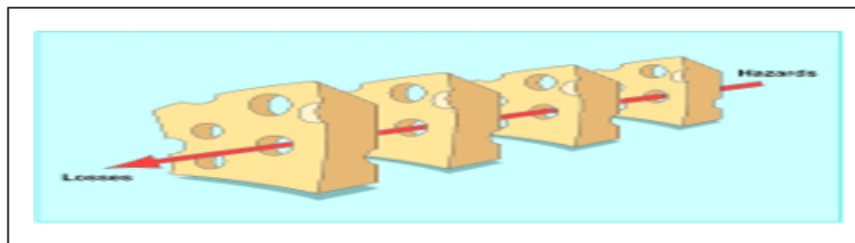
การป้องกันอุบัติเหตุตามทฤษฎีโดมิโน คือ การตัดลูกโซ่ตัวที่ 3 ขจัดการกระทำหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยออกไป ส่วนการแก้ไขป้องกันที่โดมิโนตัวที่ 1 สภาพแวดล้อมของสังคมหรือภูมิหลังของบุคคล หรือตัวที่ 2 ความบกพร่องผิดปกติของบุคคล เป็นเรื่องที่แก้ไขได้ยากกว่า เพราะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นมานานและปลูกฝังเป็นคุณสมบัติ ส่วนบุคคลแล้ว

2. ตัวแบบสาเหตุการสูญเสีย เป็นแนวคิดของ แฟรงค์ อี. เบิร์ด (Fran E. Bird) จอร์จ แอล. เจอเมน (George L. Germain) และ แฟรงค์ อี. เบิร์ด จูเนียร์ (Frank E. Bird Jr.) โดยยึดพื้นฐานของตัวแบบ โดมิโนที่ได้รับการยอมรับมาแล้วเป็นระยะเวลากว่า 30 ปี (Bird, Germain, & Bird, 1985) แต่ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยการจัดการเข้าไปเป็นต้นเหตุ แทนที่จะเน้นไปที่คุณลักษณะของบุคคลตามตัวแบบโดมิโน ปัจจัยของสาเหตุตามตัวแบบการสูญเสีย มี 5 ประการ ส่งผลกระทบตามลำดับ คือ (1) ขาดการควบคุม (lack of control) คือ ไม่มีโครงการป้องกันอุบัติเหตุ ไม่มีมาตรฐานการดำเนินงาน และไม่ได้ดำเนินงานตามมาตรฐาน (2) สาเหตุพื้นฐาน (basic cause) คือ ตัวบุคคลและระบบงาน (3) สาเหตุตัวกลาง (intermediate cause) คือ การปฏิบัติงานและสภาพแวดล้อมที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน (4) อุบัติการณ์ (incident) คือ การเกิดอุบัติเหตุ (5) ความสูญเสีย (loss) คือ การสูญเสีย ชีวิตทรัพย์สิน และงานหยุดชะงัก

แนวทางการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุตามแนวคิดสาเหตุการสูญเสีย คือ ต้องมีระบบการจัดการที่มีมาตรฐานและปฏิบัติตามมาตรฐานนั้น

3.2 ตัวแบบผลกระทบทิศทางเดียวแบบซับซ้อน ตัวแบบในกลุ่มนี้ ยึดถือแนวคิดว่า อุบัติเหตุเกิดมาจากผลรวมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องการกระทำที่ไม่ปลอดภัย (unsafe act) และสภาพที่เป็นอันตรายที่มองไม่เห็น (latent hazard condition) ในระบบใดระบบหนึ่งที่ส่งผลไปสู่อุบัติเหตุ จุดเริ่มต้นคือ องค์กรและสิ่งแวดล้อม ส่วนปัจจัยสุดท้ายคือ ผู้ปฏิบัติงาน โดยทิศทางของผลกระทบมาจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง แนวทางการป้องกันความสูญเสียคือการเสริมสร้างความแข็งแกร่งของเกราะ (barrier) และการตอบโต้ (defense) ตัวอย่างตัวแบบสาเหตุในกลุ่มนี้คือ ตัวแบบระบบ (Systematic Model) และตัวแบบการระบาด (Epidemiological Model)

1. ตัวแบบความปลอดภัยเชิงระบบ ตัวแบบนี้มีรู้จักในชื่อ ตัวแบบเนยสวิส (The Swiss Cheese Model of System Accidents) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในตัวแบบทั้งหมด ที่เรียกว่า ตัวแบบความปลอดภัยเชิงระบบ (Model of Systems Safety) (Reason, 1997) ตัวแบบนี้สรุปว่า อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการ ขั้นตอน และระบบ ที่รวมเรียกว่า ความผิดพลาดแฝง (Latent Error) หรือความล้มเหลวของระบบ (system failure) ที่มองไม่เห็นมากกว่าตัวบุคคลที่เป็นผู้ทำความผิดพลาดที่มองเห็นได้ (Active Error) เมื่อความผิดพลาดจากบุคคล เช่น ความพลั้งเผลอ ความล่า เหนี่ยว สอดรับกับความผิดพลาดแฝง เช่น การสื่อสารที่ขาดประสิทธิภาพ หรือการวางแผน การดูแลที่ไม่รัดกุม เหมือนช่องในเนยมาอยู่ตรงกัน จึงทำให้อุบัติเหตุเกิดขึ้น ถ้าขาดอันใดอันหนึ่งไปจะไม่เกิดขึ้น แสดงตามภาพ 2 (Rasmussen,



ภาพ 2 ตัวแบบเนยสวิส แสดงการสอดรับกันของความบกพร่องที่ส่งผลให้เกิดความสูญเสีย

Note: From Human Errors-A Taxonomy for Describing Human Malfunction in Industrial Installations. by Rasmussen, J., 1982, *Journal of Occupational Accidents*, 4(2-4), 311-333.; Human error: Models and management. by Reason, J., 2000, *BMJ: British Medical Journal*, 320(7237), 768-770.; Human Factors Guide for Aviation Maintenance Chapter 14 Human Error. By Reason, J., & Maddox, M., 2005, FAA.

ตัวแบบเนยสวิส หรือตัวแบบความปลอดภัยเชิงระบบ ได้รับการยอมรับมากที่สุด ในปัจจุบัน (Toft et al., 2012) วิธีการป้องกันอุบัติเหตุตามตัวแบบนี้ เน้นว่าการตำหนิและกล่าวโทษบุคลากร ไม่มีประโยชน์ใด ๆ เลย ข้าร้ายยังสร้างความเสี่ยงในการเกิดซ้ำมากขึ้น สิ่งที่ต้องแก้ไขคือ กระบวนการ ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ค้นหาจุดอ่อนและโอกาสในการพัฒนาเพื่อกำหนดมาตรการในการป้องกัน

2. ตัวแบบการระบาด ตัวแบบนี้เน้นว่าอุบัติเหตุแพร่ระบาดได้เหมือนโรค เป็นแนวคิดของ จอห์น อี. กอร์ดอน (John E. Gordon) อุบัติเหตุจะระบาดตามปัจจัยสาเหตุ (causal factor) 3 แหล่ง คือ ผู้ปฏิบัติงานที่เป็นทั้ง (1) ผู้รับเชื้อ (host) และ (2) พาหะ (agent) ใน (3) สิ่งแวดล้อม คือ สถานที่ปฏิบัติงาน (Gordon, 1949, pp. 504-515) แนวคิดนี้ได้รับการเสริมต่อโดย ลุดวิก เบ็นเนอร์ (Ludwig Benner) โดยเพิ่มเติมปัจจัยย่อยของแต่ละแหล่ง เช่น พาหะ มีปัจจัยเรื่องปริมาณ (amount) ความสามารถในการแพร่ระบาด (infectivity) ความรุนแรง (virulence) ความสามารถในการก่อเหตุ (pathogenic) ผู้รับเชื้อมีปัจจัยเรื่องอุปนิสัยที่แท้จริง (intrinsic) สภาพร่างกาย (physical) สภาพจิตใจ (physiological) และภูมิคุ้มกัน (immunity) สิ่งแวดล้อมมีปัจจัยเรื่องลักษณะทางกายภาพ (physical) สภาพด้านจิตใจ (physiological) และสังคม (social) ปัจจัยย่อยเหล่านี้ ต่อมาเรียกว่าความผิดพลาดแฝง (latent error) หรือความล้มเหลวแฝง (latent failure) หรือเงื่อนไขแฝง (latent condition)

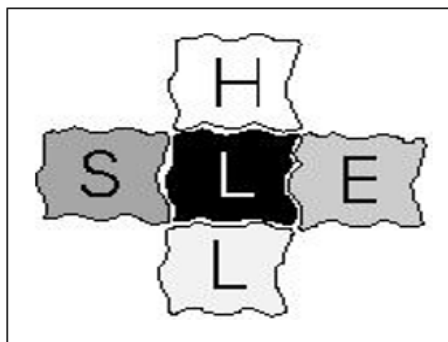
3.3 ตัวแบบผลกระทบหลายทางแบบซับซ้อน ตัวแบบในกลุ่มนี้ ยึดถือแนวคิดที่ว่า อุบัติเหตุเกิดมาจากการปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรจำนวนมากในสภาพแวดล้อมจริง โดยผลกระทบเป็นไปได้หลายทิศทาง แนวทางการป้องกันความสูญเสีย คือ การทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ให้ชัดเจน ตัวอย่างตัวแบบสาเหตุของอุบัติเหตุในกลุ่มนี้ คือ ตัวแบบกระบวนการและทฤษฎีเชิงระบบของอุบัติเหตุ (The Systems-Theoretic Accident Model and Process-STAMP) (Leveson, 2004, pp. 237-270) และตัวแบบอุบัติเหตุจากแรงสะท้อนของงาน (The Functional Resonance Accident Model-FRAM) (Hollnagel, 2004) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ตัวแบบกระบวนการและทฤษฎีเชิงระบบของอุบัติเหตุ ตัวแบบนี้เน้นว่า ระบบการจัดการความปลอดภัย คือ หลักประกันความปลอดภัย เป้าหมายหลักของแนวคิดนี้ คือ การหาคำตอบว่าทำไมระบบที่มีอยู่จึงไม่สามารถป้องกันอุบัติเหตุได้ แนวทางการป้องกัน คือ การสร้างปราการ (barrier) และมาตรการป้องกัน (defense) ในเชิงรุก (proactive) ตามแนวคิดของแนนซี เลเวสัน (Nancy Leveson) (Leveson, 2004, pp. 237-270) เท่าที่ผ่านมาแนวคิดนี้ยังไม่ได้มีการยอมรับมากนัก เนื่องจากไม่ให้ความสำคัญกับข้อมูลของอุบัติเหตุและการวิเคราะห์สาเหตุตามแนวคิดที่ได้รับการยอมรับมาตั้งแต่เริ่มแรก (Toft et al., 2012)

2. ตัวแบบอุบัติเหตุนอกจากแรงสะท้อนของงาน ตัวแบบนี้แตกต่างจากตัวแบบอื่น เปรียบเทียบว่า เป็นตัวแบบสามมิติ ขณะที่ตัวแบบอื่นเป็นแบบสองมิติ ความหมาย คือ ผลกระทบและปฏิกริยาระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุไม่เป็นไปในอัตราหรือทิศทางเดียว ตามแนวคิดของ อีริก ฮอลนาเกล (Erik Hollnagel) (Hollnagel, 2004) ตัวแบบนี้ใช้คำว่า FRAM แปลว่า ก้าวไปข้างหน้า ในภาษาสวีเดนและนอร์เวย์ ซึ่งเคยตั้งเป็นชื่อเรือสำรวจที่เดินทางไปขั้วโลกเหนือได้ไกลที่สุดมาแล้วในระยะนั้น (Hollnagel, 2016) จุดเด่นของตัวแบบนี้ คือ การมองภาพรวมของระบบเทคโนโลยีและสังคม (socio-technological system) ไม่พิจารณาปัจจัยตัวใดตัวหนึ่งเพียงตัวเดียว จุดอ่อน คือ สิ้นเปลืองเวลาและความพยายาม โดยไม่สามารถกำหนดแนวทางชัดเจนได้ หลักการสำคัญของแนวคิดนี้มี 4 ประการ คือ ความล้มเหลวและความสำเร็จมาจากปัจจัยเดียวกัน (equivalence of failure and success) ใช้การปรับเปลี่ยนโดยประมาณ (approximate adjustment) ให้ความสำคัญกับสิ่งที่โดดเด่นขึ้นมา (emergence) และพิจารณาแรงสะท้อนจาก

หน้าที่การงาน (functional resonance) (Hollnagel, 2012) โดยสรุป การวิเคราะห์ลักษณะนี้เปิดกว้าง ให้ความสำคัญทุกปัจจัย และไม่กำหนดโครงสร้างของสาเหตุล่วงหน้า

3. ตัวแบบเชลล์ (SHELL) องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization: ICAO) ได้แนะนำตัวแบบการจัดการความปลอดภัยไว้ในเอกสาร ICAO Doc 9859 Safety Management Manual ชื่อตัวแบบ SHELL มาจากคำย่อขององค์ประกอบ 4 ด้าน คือ Software, Hardware, Environment, Liveware ซึ่งจริง ๆ แล้ว องค์ประกอบทั้งหมดมี 4 ด้าน แต่ Liveware แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ผู้ปฏิบัติงานกับผู้ร่วมงานหรือประสานงาน จึงมี L จำนวน 2 ตัว เขียนเป็น SHELL เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่มีความไม่แน่นอนมากที่สุด แสดงในภาพเป็นชิ้นส่วนที่มีรูปร่างไม่เป็นเส้นตรง เกิดความไม่ลงตัวอยู่เสมอ ตามภาพ 3ผู้บริหารจะต้องพยายามจัดเตรียมองค์ประกอบด้านอื่นให้สอดคล้องกับความไม่แน่นอนนี้



ภาพ 3 องค์ประกอบตัวแบบ SHELL ของ ICAO

Note: From Doc 9859, Safety Management Manual (4th Ed.), by ICAO, 2018, Retrieved from https://caainternational.com/wp-content/uploads/2018/05/9859_unedited_en.pdf

รายละเอียดขององค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน มีดังต่อไปนี้

1. Software หมายถึง ระเบียบข้อบังคับ ขั้นตอน และเอกสารข้อกำหนดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเอกสาร และดิจิทัล แนวทางการป้องกันอุบัติเหตุบนฐาน Software คือ จะต้องกำหนดกฎระเบียบข้อบังคับที่ผู้ปฏิบัติสามารถทำได้จริง ใช้คำอธิบาย (phraseology) ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่เปิดโอกาสให้เข้าใจผิด ไม่ซับซ้อน องค์ประกอบนี้ หมายความว่า รวมถึง การใช้สัญลักษณ์ในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ

ให้สื่อความหมายที่ชัดเจนด้วย

2. Hardware หมายถึง เครื่องมือ อุปกรณ์ รวมถึง การใช้งานและการควบคุม เป็นระบบการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนและเครื่องจักร (man-machine system) แนวทางป้องกันอุบัติเหตุ คือ การแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย เหมาะสมกับธรรมชาติของมนุษย์

3. Environment หมายถึง สถานการณ์ซึ่งแวดล้อมองค์ประกอบอีก 3 ด้าน ทั้งทางสังคมและทาง

ธรรมชาติ แนวทางการป้องกันอุบัติเหตุ คือ การออกแบบ หรือควบคุมสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน เช่น แสง เสียง อุณหภูมิ ส่วนสภาพแวดล้อมทางสังคมนั้นถือเป็นองค์ประกอบด้านผู้ร่วมงาน

4. Liveware หมายถึง ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับองค์ประกอบ 4 ด้าน รวมผู้ปฏิบัติงานอื่นด้วย แนวทางการป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานร่วมกันจะต้องใช้ภาวะผู้นำ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลที่แตกต่างกัน จัดทำขึ้นในรูปของหลักสูตรการฝึกอบรมลูกเรือ (Crew Resource Management--CRM) การจัดการทีม (Team Resource Management--TRM) การฝึกบินในเครื่องฝึกบินจำลอง (Line Oriented Flight Training--LOFT) เป็นต้น

โดยสรุป ตัวแบบ SHELL ของ ICAO ให้ความสำคัญกับบุคลากรมากที่สุด ดังนั้น การป้องกันอุบัติเหตุที่ดีที่สุด คือ การฝึกอบรม และการสร้างความพึงพอใจในงาน เพื่อให้เกิดความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานอย่างครบถ้วน ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยความมุ่งมั่นของผู้บริหารองค์กร (Bills, 2008, pp. 1-48; Tsujimoto, 2014, pp. 1-14)

ความสัมพันธ์เชิงพลวัตของสาเหตุอุบัติเหตุ

จากแนวความคิด ทฤษฎี และตัวแบบสาเหตุอุบัติเหตุดังกล่าวมาแล้วข้างต้น 3 ระยะ เห็นได้ชัดเจนว่า มีการเรียนรู้จากประสบการณ์ในความพยายามที่จะป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุเลย หรืออย่างน้อยพยายามที่จะลดอุบัติเหตุให้เหลือน้อยที่สุด โดยการปรับเปลี่ยนแนวคิด และวิธีปฏิบัติให้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่เท่าที่ผ่านมา ถึงแม้จะปรากฏว่าสามารถลดอุบัติเหตุให้เป็นสัดส่วนน้อยลงเรื่อย ๆ แต่ยังเกิดอุบัติเหตุขึ้นเป็นระยะ ลักษณะนี้มีปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา ร่วมด้วย คือ ความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของปัจจัยทุกด้าน นั่นคือ แนวคิดและหลักการที่มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในอดีตและปัจจุบัน ไม่ได้เป็นหลักประกันว่าจะประสบความสำเร็จอีกในอนาคต สมาคมการขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (IATA) กล่าวในแผนการดำเนินงาน 15 ปี (Future of the Airline Industry, 2035) ว่าความเปลี่ยนแปลงสำคัญที่ส่งผลต่ออุตสาหกรรมการบิน คือ การเมืองระหว่างประเทศ (geopolitics) นวัตกรรมทางเทคโนโลยี (technological innovation)

ความเปลี่ยนแปลงทางประชากร (demographic shift) และความกังวลด้านสิ่งแวดล้อม (environmental concern) จะมีผลกระทบทุกด้าน (SOIF-IATA, 2018) นั่นคือ การดำเนินงานของอุตสาหกรรมการบินจะต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอย่างไม่หยุดนิ่ง ซึ่งรวมถึงการดำเนินงานและการจัดการระบบความปลอดภัยการบินด้วย

แนวความคิดหลักของการศึกษาสาเหตุของอุบัติเหตุในปัจจุบันจึงไม่สามารถกำหนดตายตัวได้ การวิเคราะห์ปัญหา การกำหนดระบบ และการดำเนินงานจะต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เป็นพลวัต (dynamic) เท่านั้น หากพิจารณาโดยภาพรวมแล้ว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุเชิงพลวัตโดยสรุป มี 3 ส่วน คือ มนุษย์ ระบบ และความเปลี่ยนแปลงตามภาพ 4 ซึ่งหากพิจารณาโดยยึดระดับของการควบคุม และจัดการเป็นเกณฑ์แล้ว ปัจจัยที่สามารถควบคุมจัดการได้มากที่สุด คือ ระบบ รองลงมาคือ มนุษย์ และที่สามารถควบคุมจัดการได้น้อยที่สุด คือ ความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ รายละเอียดและความสัมพันธ์เชิงพลวัตของปัจจัยทั้ง 3 ประการนี้ มีดังนี้

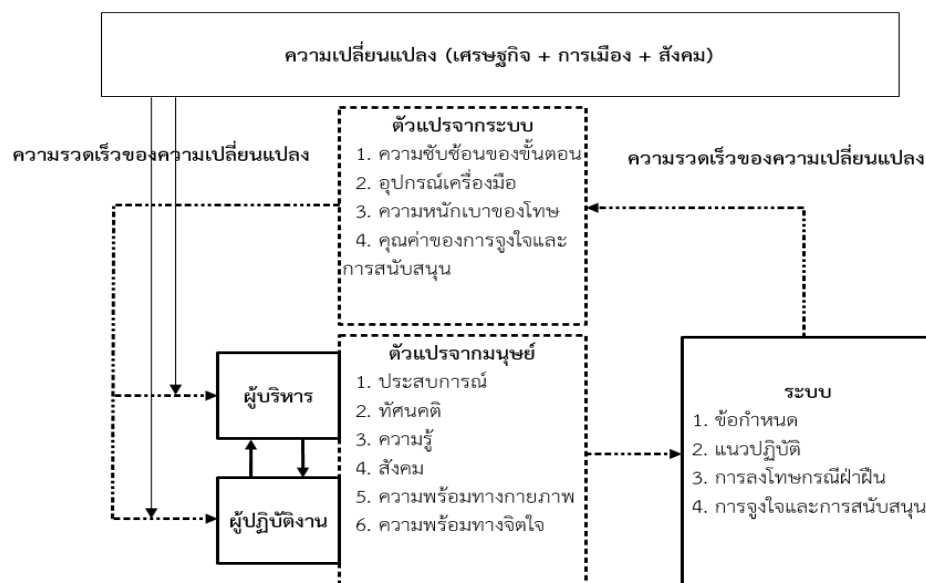
1. ระบบ ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่บริหารจัดการได้มากที่สุด เพราะเกิดจากการกำหนดของผู้ดำเนินงานและผู้บริหารระบบเอง เป็นการจัดทำเอกสารข้อกำหนดในลักษณะของการสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลง ดังตัวอย่างของระบบการจัดการความเสี่ยงขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ถือเป็นแนวทางการจัดการความเสี่ยงของอุบัติเหตุที่ทันสมัยที่สุด แต่ทั้งนี้ การกำหนดระบบนั้นขึ้นอยู่กับ ความรู้ ประสบการณ์ ทักษะ และความเชี่ยวชาญของบุคคลนั้นเป็นพื้นฐานด้วย ดังนั้น ความสมบูรณ์ของระบบจึงได้รับผลกระทบจากตัวบุคคลส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งคือ ความรวดเร็วของการเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น หากมีการผลิตอากาศยานรุ่นใหม่ขึ้นมา บุคคลที่เกี่ยวข้องทั้งลูกเรือ เจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ และเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงอากาศยาน จะต้องเรียนรู้ความเปลี่ยนแปลงอย่างเพียงพอเพื่อที่จะป้องกันอุบัติเหตุที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดจากเทคโนโลยีใหม่ หากเทคโนโลยีการผลิตสามารถทำได้อย่างก้าวกระโดด เป็นโจทย์สำคัญที่ต้องพิจารณาว่า จะสามารถกำหนดระบบให้สอดคล้องได้รวดเร็วขนาดไหน และบุคคลสามารถปรับตัวพัฒนาความรู้ความสามารถได้

ทันมากนักน้อยเพียงใด หากปรับเปลี่ยนได้ช้าจะโดยสาเหตุใดก็ตาม ความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุย่อมสูงขึ้น ซึ่งจะสามารถมองว่ามนุษย์เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุได้ หรือเป็นความบกพร่องของระบบที่ไม่สามารถปรับปรุงให้ขึ้นนำแนวทางที่ทันเหตุการณ์แก่บุคคลได้ หรือเพราะสิ่งแวดล้อมมีความรวดเร็วในการเปลี่ยนแปลงมากเกินไป ลักษณะนี้คือความสัมพันธ์เชิงพลวัต

2. มนุษย์ ปัจจุบันสามารถควบคุมและจัดการได้มากขึ้น แต่มีประเด็นที่ไม่สามารถควบคุมจัดการได้อีกส่วนหนึ่ง ธรรมชาติของมนุษย์ การปฏิบัติงานเป็นเพียงส่วนหนึ่งของชีวิต อีกส่วนหนึ่ง คือ ชีวิตส่วนตัว ที่ระบบการดำเนินงานของหน่วยงานไม่สามารถเข้าไปควบคุมได้ ดังนั้น ถึงแม้ว่าหน่วยงานจะกำหนดระบบป้องกันอุบัติเหตุที่รัดกุมเพียงใด แต่เมื่อบุคลากรมีความจำเป็นส่วนบุคคล ความพร้อมในการปฏิบัติตามข้อกำหนดของระบบจะมีความผันผวน เป็นไปตามแนวคิดในระยะแรกของการศึกษาดังกล่าวแล้ว แม้กระทั่งในการพัฒนาระบบการจัดการความปลอดภัยเอง ตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความรู้ความชำนาญของบุคลากรย่อมมีส่วนในการกำหนดรูปแบบระบบด้วย ดังที่กล่าวแล้วว่า ภายหลังการกำหนดบังคับใช้ระบบการจัดความความปลอดภัยแล้วยังมีความบกพร่องที่เกิดจากบุคลากรขึ้นมาในรูปแบบของการไม่ยอมรับ การหลีกเลี่ยงและขาดความมุ่งมั่น ซึ่งเป็นผลมาจากระดับของความซับซ้อนของระบบเอง หรือระดับการการจูงใจไม่เพียงพอ หรือแม้กระทั่งระดับของการลงโทษไม่มีผลกระทบมากพอ เป็นต้น

ตัวแปรต่าง ๆ ของระบบจึงมีผลต่อตัวบุคคลอีกทางหนึ่ง

3. ความเปลี่ยนแปลง ปัจจุบันนี้ถือได้ว่าสามารถควบคุมจัดการได้น้อยที่สุด หากมองในขอบเขตของอุตสาหกรรมใดอุตสาหกรรมหนึ่ง เช่น อุตสาหกรรมการบิน อาจสามารถมีส่วนในการกำหนดเทคโนโลยีทางการบินได้บางส่วน แต่การประดิษฐ์คิดค้นใหม่ ๆ ไม่ได้อยู่ในการบริหารจัดการของวงการการบินเพียงฝ่ายเดียว ดังกรณีของการพัฒนาหน่วยพลังงานชนิดใหม่ขึ้นมาในรูปของแบตเตอรี่ ซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่เพียงวงการการบิน แต่มีผู้คิดค้นอย่างอิสระหลากหลายอุตสาหกรรม หากเทคโนโลยีแบบใหม่ถูกนำมาใช้กับอากาศยาน ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมจะมีความเสี่ยงด้านความปลอดภัย อย่างไรก็ดีว่าสาเหตุแท้จริงของความเสี่ยงหรือสาเหตุของอุบัติเหตุมาจากเทคโนโลยีใหม่ หากข้อกำหนดด้านความปลอดภัยเปลี่ยนแปลงตามไม่ทัน หรือไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทัน และผู้ปฏิบัติงานทำตามข้อกำหนดเดิมแล้วเกิดอุบัติเหตุขึ้น จะถือว่าความผิดพลาดของบุคลากรเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุทางการบินไม่ได้ และจะถือว่า ระบบไม่ถูกต้องไม่ได้ อาจเพราะความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีเกิดขึ้นรวดเร็วเกินกว่ากระบวนการปรับเปลี่ยนของหน่วยงานที่กำกับดูแลก็เป็นได้ ทั้งนี้ ความเป็นไปได้ที่จะสามารถจัดสร้างระบบให้ครอบคลุมความเปลี่ยนแปลงที่สำคัญได้ทันเหตุการณ์อาจจะต้องอาศัยความรู้ความเชี่ยวชาญในการพยากรณ์ (forecast) เป็นเครื่องมือที่สำคัญด้วย แสดงตามภาพ 4



ภาพ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพลวัตสาเหตุของอุบัติเหตุ

โดยสรุป การพิจารณาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุเชิงพลวัตดังกล่าวนี้ ทำให้ไม่สามารถแบ่งแยกความสำคัญของปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งได้ จะต้องพิจารณาดำเนินการโดยภาพรวมเท่านั้น คือ จะระบุว่าอุบัติเหตุเกิดจากความไม่พร้อมของบุคคลไม่ได้ หรือเกิดจากระบบไม่สมบูรณ์ไม่ได้ และเกิดจากความเปลี่ยนแปลงมีเร็วเกินไปไม่ได้ด้วยตัวแบบการแกไขป้องกันอุบัติเหตุที่ดีที่สุด คือ การให้ความสำคัญของคุณค่าระหว่างปัจจัย 3 ด้านดังกล่าว ไม่สามารถให้ความสำคัญกับด้านใดด้านหนึ่งเพียงอย่างเดียว ความจริงความสัมพันธ์เชิงพลวัตนี้ เป็นธรรมชาติที่มีมาแต่เดิม เพียงแต่จุดสนใจของผู้ทำการศึกษาไปมุ่งเน้นที่จุดใดจุดหนึ่งตามลักษณะที่ถือว่าเป็นการแก้ปัญหาในระยะสั้น หรืออาจเป็นเพราะเป็นธรรมชาติของการเรียนรู้ที่ต้องพัฒนามาเป็นลำดับ จากเดิมหลักคิดของการลดอุบัติเหตุอยู่ที่ปัจจัยมนุษย์ ต่อมาขยายมาถึงสิ่งแวดล้อม และต่อมาได้มีการพิจารณาเชิงระบบ ในบทความนี้ผู้เขียนขอเสนอจุดเน้นที่น่าจะเป็นผลดีต่อการบริหารจัดการความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ คือ การพิจารณาภาพรวมของความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 3 ด้าน โดยยึดปัจจัยที่ควบคุมได้น้อยที่สุดเป็นจุดเริ่มต้น คือ ความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ การเมืองและสังคม ต่อมาจึงนำปัจจัยที่ควบคุมได้มากขึ้น คือ ปัจจัยมนุษย์มาเป็นฐานในการกำหนดระบบ ที่จะเป็นมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากสภาพความสัมพันธ์ที่เป็นพลวัตเครื่องมือที่สำคัญและจำเป็นมาก คือ เทคนิคการพยากรณ์ที่แม่นยำ แนวทางการป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุที่เหมาะสม

สมจะนำเสนอในบทความเรื่องเดียวกันนี้ตอนที่ 3 ต่อไป

สรุป

อุบัติเหตุของอากาศยานเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ ในระยะแรกมักสรุปว่าเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ อย่างไรก็ตามได้มีความพยายามศึกษาหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุอย่างต่อเนื่อง หลังจากที่มีมุ่งเน้นไปที่ตัวบุคคล ถือว่าบุคลิกลักษณะส่วนบุคคลเป็นสาเหตุหลักของอุบัติเหตุ ในระยะแรก ระยะต่อมาให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ปัจจุบันการดำเนินงานเกี่ยวกับอุบัติเหตุให้ความสำคัญกับระบบ คือ ยึดแนวความคิดว่าองค์ประกอบแต่ละด้านมีผลกระทบกันหลายทิศทาง ความผิดพลาดของมนุษย์ เป็นเพียงสาเหตุที่สังเกตได้ง่าย ไม่ได้เป็นสาเหตุสำคัญเป็นพิเศษของสาเหตุทั้งหมด หากวิเคราะห์ในวงกว้าง สรุปได้ว่า ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุมี 3 ส่วน คือ ความเปลี่ยนแปลง มนุษย์ และระบบ หากมองโดยภาพรวมแล้ว สาเหตุสำคัญที่สุดของอุบัติเหตุ คือ ความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ การเมืองและสังคม ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยากที่สุด ความผิดพลาดของมนุษย์และความบกพร่องของระบบ เป็นผลมาจากการปรับตัวที่ไม่สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลง ดังนั้น การให้ความสำคัญกับการติดตามความเปลี่ยนแปลงโดยการพยากรณ์ความเปลี่ยนแปลงอย่างแม่นยำ เป็นแนวทางการทำความเข้าใจสาเหตุของอุบัติเหตุได้ดีที่สุด สำหรับแนวทางการป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุที่เหมาะสมจะนำเสนอในตอนต่อไป



References

- Airbus. (2021). *Distribution of accidents by accident categories*. Retrieved from <https://accidentstats.airbus.com/statistics/accident-categories>
- Aliandrina, D. (2012). *Organizational factors in aviation safety management failures: The case of Indonesia*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/35467161.pdf>
- Alkov, D. (1972). *The life change unit and accident behavior*. Lifeline.
- Allianz. (2021). *Six aviation loss trends on the radar*. Retrieved from <https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/expert-risk-articles/six-aviation-loss-trends-on-the-radar.html>
- Bills, K. (2008). *Learning from poor safety management systems. In the safety conference 2008: OHS for the new era*. Retrieved from <https://www.atsb.gov.au/media/24563/sia281008.pdf>
- Bird, F. E., Germain, G. L., & Bird, F. Jr. E. (1985). *Practical loss control leadership*. Loganville, Ga.: International Loss Control Institute.
- Committee on Aircraft Certification Safety Management. (1998). *Improving the continued airworthiness of civil aircraft: A strategy for the FAA's aircraft certification service*. Washington, DC: The National Academies.
- DeBlois, L. A. (1915). *The application of safety devices*. Hagley Museum and Library, Wilmington, DE.
- Gordon, J. E. (1949). The epidemiology of accidents. *American journal of public health*, 39(4), 504–515.
- Graeber, C. (2015). *Human factor*. Retrieved from https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_08/human_textonly.html
- Grandjean, E. (1979). Fatigue in industry. *Occupational and Environmental Medicine*, 36(3), 175–186.
- Greenwood, M., & Woods, H. M. (1919). *The incidence of industrial accidents upon individuals with special reference to multiple accidents*. London: H. M. Stationery off.
- Griffin, G. (2010). *Human error is biggest obstacle to 100 percent flight safety the denver post*. Retrieved from <https://www.denverpost.com/2010/02/13/human-error-is-biggest-obstacle-to-100-percent-flight-safety/>
- Hegin, M. S. (1927). Intelligence and safety. *Journal of educational research*, 16(2), 81–87. <https://doi.org/10.1080/00220671.1927.10879768>
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention: A scientific approach*. New York: McGraw-Hill.
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Ashgate: Aldershot.
- Hollnagel, E. (2012). *Fram: The functional resonance analysis method: Modelling complex socio-technical systems*. London: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315255071>
- Hollnagel, E. (2016). *The meaning of Fram*. Retrieved from <https://functionalresonance.com/brief-introduction-to-fram/the-meaning-of-fram.html>
- Horton, B. (2021). *5 reasons why safety management systems fail to deliver vistair*. Retrieved from <https://resources.vistair.com/articles/5-reasons-why-safety-management-systems-fail-to-deliver-what-you-expect>
- Hosseinian, S. S., & Torghabeh, Z. J. (2012). Major theories of construction accident causation models: A literature review. *International journal of advances in Engineering & Technology*, 4(2), 53–66.

- International Civil Aviation Organization--ICAO. (2018). *Doc 9859 safety management manual (4th ed.)*. ICAO. Retrieved from https://caainternational.com/wp-content/uploads/2018/05/9859_unedited_en.pdf
- ICAO. (2020). *GASP: Global aviation safety plan 2020-2022*. Retrieved from <https://www.icao.int/SAM/Documents/2019-RASGPA10/2.2%20Global%20Aviation%20Safety%20Plan.pdf>
- Kang, Y., Hahm, H., Yang, S., & Kim, T. (2008). Application of the life change unit model for the prevention of accident proneness among small to medium sized industries in Korea. *Industrial health*, 46(5), 470–476. <https://doi.org/10.2486/indhealth.46.470>
- Klein, J. A. (2009). Two centuries of safety history at dupont, Process Safety Progress. *Wiley Interscience*, 28(2), 114–122.
- Lappalainen, J. (2017). *Overcoming obstacles to implementing SMS. the international transport forum, OECD*. Retrieved from <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/194053/1/itf-dp-2017-18.pdf>
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety science*, 42(4), 237–270. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(03\)00047-X](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(03)00047-X)
- Marbe, K. (1935). The psychology of accidents. *The human factor*, 9, 102–103.
- Peterson, D. (1978). *Techniques of safety management*. (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Rankin, W. (2008). *MEDA investigation process*. Retrieved from https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/AERO_Q207_article3.pdf
- Rasmussen, J. (1982). Human errors - A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of occupational accidents*, 4(2-4), 311-333. [https://doi.org/10.1016/0376-6349\(82\)90041-4](https://doi.org/10.1016/0376-6349(82)90041-4)
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. London: Routledge <https://doi.org/10.4324/9781315543543>
- Reason, J. (2000). Human error: Models and management. *BMJ: British medical journal*, 320(7237), 768–770.
- Reason, J., & Madox, M. (2005). *Human factors guide for aviation maintenance chapter 14 human error*. Retrieved from https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/human_factors_guide_for_aviation_maintenance_-_chapter_14.human_error.pdf
- Schaper, D. (2021). *Boeing to pay \$2.5 billion settlement over deadly 737 max crashes*. Retrieved from <https://www.npr.org/2021/01/08/954782512/boeing-to-pay-2-5-billion-settlement-over-deadly-737-max-crashes>
- Schulzinger, M. S. (1956). The pre-accident patients. *Industrial medicine and surgery*, 25(453).
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2000). *The human factors analysis and classification system—HFACS*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/247897525_The_Human_Factors_Analysis_and_Classification_System-HFACS
- Shaw, L., & Sichel, H. S. (1971). *Accident proneness research in the occurrence, causation, and prevention of road accidents*. Oxford: Pergamon.

- Singh, A. (2010). *Pilots play with lives by flying manually for ultimate kick India today*. Retrieved from <https://www.indiatoday.in/india/story/pilots-play-with-lives-by-flying-manually-for-ultimate-kick-70895-2010-04-04>
- SKYbrary. (2018). *Error management (OGHFA BN)*. Retrieved from [https://www.skybrary.aero/index.php/Error_Management_\(OGHFA_BN\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Error_Management_(OGHFA_BN))
- SKYbrary. (2020). *Just culture*. Retrieved from https://www.skybrary.aero/index.php/Just_Culture
- Spence, R. (2010). *Safety management systems—what is the problem?*. Retrieved from <https://www.bainessimmons.com/wp-content/uploads/SMS-whatistheproblem.pdf>
- Surry, J. (1969). *Industrial accident research: A human engineering appraisal*. Canada: Labour Safety Council, Ontario Department of Labour.
- Szeles, E. (2015). *Lauda air crash 1991: Still too many open questions*. Retrieved from <https://www.austrianwings.info/2015/01/lauda-air-crash-1991-still-too-many-open-questions/>
- Tiffin, J. (1949). Visual performance and accident frequency. *Journal of applied psychology*, 33(5), 499–502.
- Toft, Y., Dell, G., Klockner, K. K., & Hutton, A. (2012). *The core body of knowledge for generalist OHS professionals*. VIC: Safety Institute of Australia.
- Tsujimoto, J. (2014). *Challenges of large airline aviation safety investigation organizations and their Safety Management System*. In paper presented at ISASI 2014 seminar. Retrieved from <https://www.isasi.org/Documents/library/technical-papers/2014/ISASI%202014%20-%20Tsujimoto%20-%20United%20Airlines%20-%20Airline%20safety%20investigation%20and%20SMS.pdf>
- Welchsler, D. (1926). Tests for taxicab drivers. *Journal of personnel*, 5, 24–30.
- Wiegmann, D., Faaborg, T., Boquet, A., Detwiler, C., Holcomb, K., & Shappell, S. (2005). *Human error and general aviation accidents: A comprehensive, fine-grained analysis using HFACS*. Retrieved from https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0524.pdf
- Wiegmann, D. A., Rich, A. M., & Shappell, S. A. (2000). *Human error and accident causation theories, frameworks and analytical techniques: An annotated bibliography*. Retrieved from <https://commons.erau.edu/publication/736/>
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. (2001). *Applying the human factors analysis and classification system (HFACS) to the analysis of commercial aviation accident data*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/252793626_APPLYING_THE_HUMAN_FACTORS_ANALYSIS_AND_CLASSIFICATION_SYSTEM_HFACS_TO_THE_ANALYSIS_OF_COMMERCIAL_AVIATION_ACCIDENT_DATA
- Woods, D., Dekker, S., Cook, R., Johannesen, L., & Sarter, N. (2010). *Behind human error* (2nd ed.). London: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315568935>

