

บรรยายพิเศษ

เรื่อง

เทคโนโลยีอากาศยาน 2010



โดย พลอากาศเอก ธีเรศ ปุณศรี

เสนาธิการทหารอากาศ

วันพุธที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ.๒๕๕๖ เวลา ๑๔๐๐

ณ อาคารรณนภากาศ โรงเรียนนายเรืออากาศ

หัวข้อบรรยาย

กล่าวนำ

๑. อากาศยานยุคใหม่
๒. องค์ประกอบที่สำคัญของอากาศยานยุคใหม่
 - ๒.๑ ตัวอากาศยาน (Platform)
 - ๒.๑.๑ โครงสร้างอากาศยาน
 - ๒.๑.๒ เครื่องยนต์
 - ๒.๒ ระบบ Avionics (และระบบควบคุมการบิน (Flight Control System))
 - ๒.๒.๑ ระบบเรดาร์
 - ๒.๒.๒ ระบบการต่อต้านทางอิเล็กทรอนิกส์
 - ๒.๒.๓ ระบบเดินอากาศสมัยใหม่
 - ๒.๒.๔ ระบบนำอากาศยานเข้าโจมตีเป้าหมาย (Navigation and targeting system)
 - ๒.๒.๕ ระบบควบคุมการบิน (Flight Control System)
 - ๒.๓ ระบบบัญชาการและควบคุม (Command and Control System)
 - ๒.๓.๑ SECURE COMMUNICATIONS
 - ๒.๓.๒ DATA LINK
 - ๒.๓.๓ SATELLITE COMMUNICATIONS
 - ๒.๔ ระบบอาวุธอากาศยาน (Weapon System)
 - ๒.๔.๑ อาวุธอากาศสู่อากาศ
 - ๒.๔.๒ อาวุธอากาศสู่พื้นดิน
 - ๒.๕ อากาศยานไร้คนขับ(Unmanned Aerial Vehicle: UAV) และอากาศยานโจมตีไร้คนขับ(Unmanned Combat Aerial Vehicle:UCAV)
๓. กองทัพอากาศกับเทคโนโลยีอากาศยาน 2010

กล่าวนำ

กองทัพอากาศนั้นถือกำเนิดและมีวิวัฒนาการควบคู่มา กับเทคโนโลยี ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ต่างจาก กองทัพอื่น ดังนั้นเทคโนโลยีกับกองทัพอากาศจึงเป็นสิ่งที่แยกกันไม่ออก ด้วยคุณลักษณะและขีด ความสามารถของกำลังทางอากาศ ที่มีพิสัยบินไกล มีความเร็วสูง มีความคล่องตัวในการปฏิบัติการ อีกทั้ง ยังมีความแม่นยำในการทำลายเป้าหมายและอำนาจการทำลายสูง เมื่อมาถึงยุคของ Digital Technology และNANOTEchnology หากได้รับการพัฒนาในสัดส่วนที่เหมาะสม ในอีกสิบปีข้างหน้า อากาศยานจะ ก้าวหน้าอย่างไม่เคยมีมาก่อน

ในวันนี้ จะพูดถึงเทคโนโลยีอากาศยานสมัยใหม่ โดยจะเน้นเฉพาะอากาศยานที่เป็นเครื่องบินรบหลัก และเทคโนโลยีที่สำคัญ ตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ผ่านมาจนถึงอากาศยานที่กำลังจะเข้าประจำการในทศวรรษนี้ เท่านั้น เพื่อให้สามารถติดตามความก้าวหน้าของวิวัฒนาการของอากาศยานยุคใหม่ และเป็นแนวทางในการ กำหนดทิศทางการพัฒนาการศึกษาของบุคลากรกองทัพอากาศต่อไป

โดยจะมีหัวข้อบรรยายดังต่อไปนี้

๑. อากาศยานยุคใหม่
๒. องค์ประกอบที่สำคัญของอากาศยานยุคใหม่
๓. กองทัพอากาศกับเทคโนโลยีอากาศยาน 2010

๑. อากาศยานยุคใหม่

เทคโนโลยี ทางอากาศที่สำคัญจะประกอบไปด้วย ส่วนของอากาศยาน ระบบเครื่องยนต์ ระบบ Avionics ระบบอาวุธ ซึ่งในปัจจุบันและอนาคตประสิทธิภาพของกำลังทางอากาศจะได้รับการพัฒนาอย่างสูง อาจถือได้ ว่าเป็นมิติใหม่ของการปฏิบัติการทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโลยีล่องหน(Stealth) อากาศยานไร้ นักบินและอากาศยานโจมตีไร้คนขับ (UAV/UCAV) จะเป็นเทคโนโลยีหลักที่น่าจับตามอง

วัตถุประสงค์ของการพัฒนาเทคโนโลยีอากาศยานในอนาคตนั้น วัตถุประสงค์ คือ ต้องยากแก่การ ตรวจจับด้วยคลื่นทุกชนิดด้วยเทคโนโลยี Stealth สามารถบรรจุอาวุธจำนวนมาก สมรรถนะสูงและมีความ ความแม่นยำสูง หรือระบบสนับสนุนการรบที่ ให้ข้อมูลที่ต้องการได้เร็วและถูกต้อง สามารถบิน เข้าไปสู่ เป้าหมายที่มีรัศมีปฏิบัติการไกลกว่าและทำลายเป้าหมายได้อย่างรวดเร็วมีความแม่นยำสูง และกลับออกมา จากเป้าหมายได้อย่างปลอดภัย ดังจะยกตัวอย่างจาก บ.รบสมัยใหม่บางแบบ

F-16 C/D

F-16 เป็น บ.ที่ถูกผลิตเข้าประจำการมากที่สุดในโลก สร้างโดย บ. Lockheed Martin ภารกิจ multirole F-16 C/D block 50/52 ติดตั้งเครื่องยนต์ F110-GE-129 General electric ซึ่งช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ โดยให้แรงขับ 31,000 ปอนด์ มีรัศมีปฏิบัติการ 350-430 nm

อุปกรณ์ติดตั้งหลักได้แก่ เรดาร์ แบบ APG-68(V)7 ติดตั้งกะเปาะบินเดินทางและชี้เป้าแบบ LANTIRN บนแผงเครื่องวัดเป็นแบบ color multifunctional displays และ ประมวลผลโปรแกรมด้วย

Modular Mission Computer รุ่นใหม่ ที่จะทำให้ข้อมูลแสดงเร็ว แม่นยำ และอำนวยความสะดวกแก่นักบินมากยิ่งขึ้น สามารถติดตั้งอาวุธมากขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ได้แก่ CBU-103/104/105 Wind-Corrected Munitions Dispenser, AGM-154 Joint stand-off weapon และ GBU31/32 JDAM

นอกจากนั้นใน F-16 รุ่น 50/52 D Wile Weasel ยังสามารถติดตั้ง AGM-88 HARM สำหรับภารกิจ SEAD(suppression of enemy air defenses) ได้อีกด้วย สำหรับ F-16 C/D Block 60 ได้รับการปรับปรุงจาก Block 52 ให้สามารถเพิ่มรัศมีปฏิบัติการได้มากขึ้น และเพิ่มขีดความสามารถของ Mission Computer และความเร็วของเรดาร์ให้ตรวจจับเป้าหมายได้เร็วและไกลขึ้น

Rafale

Rafale เป็น บ.รบหลักของประเทศฝรั่งเศส เป็นรุ่นล่าสุดที่ผลิตโดยบริษัท Dassault ซึ่งผลิตบ.รบในตระกูล Mirage ที่มีชื่อเสียง โดย บ.รบ Rafale ถูกออกแบบให้มีความก้าวหน้ามาก มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ยังคงใช้ปีกที่มีลักษณะเป็น Delta Wing ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของ บ.รบตระกูล Mirage แต่ได้เพิ่มให้มี Canard ด้านหน้าเพื่อให้ บ.มีสมรรถนะที่สูงขึ้น ส่วนเทคโนโลยี Stealth ได้ถูกนำมาใช้บ้างแต่ไม่เต็มรูปแบบเหมือน บ.F-22 หรือ JSF เช่น การใช้ Canopy ที่เคลือบสารลดการสะท้อนของคลื่น Radar (Canopy Gold-Coated) เหมือนที่ใช้ใน บ.F-16 C/D เป็นต้น

Rafale ได้เริ่มทำการบินครั้งแรกในปี 1986 และได้ผลิตออกมา 4 รุ่นด้วยกัน โดยในรุ่น B,C และ D ผลิตให้กับ French Air Force ส่วนในรุ่น M เป็นรุ่นที่ปฏิบัติการจากเรือบรรทุกเครื่องบิน สำหรับกองทัพเรือ Power Plant ใช้เครื่องยนต์ Turbofan, Snecma M 88-3 จำนวน 2 เครื่อง ให้แรงขับสูงสุด 19,600 ปอนด์

Avionics ระบบ Radar ใช้ของบริษัท Thomson สามารถติดตามเป้าหมายได้ 8 เป้าหมายได้อย่างต่อเนื่อง,ระบบเดินอากาศ INS และ GPS,ระบบ Data Link, Glass Cockpit รวมถึงได้มีการติดตั้ง Helmet-Mounted Sight ด้วย

ระบบอาวุธ ติดตั้งอาวุธได้อย่างหลากหลายแล้วแต่ภารกิจ เช่น จรวด อากาศ-อากาศ Mica, จรวดนำวิถีด้วย Laser, จรวด อากาศ-พื้นดิน Exocet หรือ จรวดติดตั้งหัวรบนิวเคลียร์ โดย Rafale มีตำบลติดตั้งอาวุธได้ถึง 14 จุด

F/A-18 E/F Super Hornet

F/A-18 E/F Super Hornet เป็น บ.ขับไล่ โจมตี ที่มีสมรรถนะสูง ผลิตโดย บ. Boeing มีขีดความสามารถในการปฏิบัติการแบบ Multi-mission คือ การครองอากาศ(air superiority) การโจมตีด้วยอาวุธสมัยใหม่ที่แม่นยำทั้งกลางวันและกลางคืน (day/night strike with precision-guided weapons) และการบินโจมตีทางทะเล(Maritime) F-18 E/F ติดตั้งเครื่องยนต์ สองเครื่อง แบบ F-414-GE-400 turbofan โดย General Electric แต่ละเครื่องยนต์ให้แรงขับ 22,000 ปอนด์ เมื่อใช้สันดาปท้าย ความเร็วสูงสุดที่ Mach1.8

F-18 E/F ติดตั้ง Radar แบบ APG-73 Raytheon ได้ถูกปรับปรุงให้มีหน่วยความจำเพิ่มขึ้นจาก APG-65 ที่ติดตั้งกับ บ. F-18 C/D อย่างไรก็ดีตามในปี 2006 Raytheon จะนำเรดาร์รุ่น APG-79 AESA

(active electronically scanned array) ติดตั้งแทน APG-73 ซึ่งจะช่วยให้สามารถติดตามและตรวจจذب เป้าหมายได้ระยะไกลขึ้น นอกจากนี้ในการบินใช้อาวุธอากาศสู่อากาศ APG-79 จะช่วยเพิ่มความคมชัดของภาพ ที่ระยะไกลทำให้นักบินสามารถมองหาและพบเป้าหมายได้ง่ายและเร็วขึ้น

ระบบอาวุธของ F-18 E/F สามารถบรรจุทุกอาวุธได้ทั้งอาวุธอากาศสู่อากาศแบบ AIM-120 AMRAAM, AIM-7 , AIM-9 และ อาวุธอากาศสู่อากาศเช่น Harpoon, SLAM, GBU-10, HARM, Maverick และประเภท free fall ได้แก่ Mk-76, BDU-48, Mk-82 LD, Mk-82 HD และ Mk-84 นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งระเบิดนำวิถีด้วยดาวเทียม ได้แก่ JDAM(joint direct attack munitions) และ JSOW(Joint stand-off weapon)

Su-30

เป็น บ.ขับไล่เอนกประสงค์ 2 เครื่องยนต์ ในภารกิจอากาศสู่อากาศ สามารถบรรจุทุกอาวุธได้มากกว่า Su-27 ถึงสองเท่าคือ 8000 กิโลกรัม สำหรับภารกิจอากาศสู่อากาศสามารถติดตั้งอาวุธของสมัยใหม่ได้เช่น medium range R-27 family, short range R-73 และ อาวุธจรวดพิสัยกลางแบบใหม่ R-77 AMRAAM-ski สามารถปฏิบัติการได้ไกลกว่า 3000 กิโลเมตร

Su-30MK ติดตั้งเครื่องยนต์สองเครื่อง แบบ AL-31FP ความเร็วสูงสุด 2 Mach ระบบ Avionics ของ Su-30 MK ได้รับการพัฒนาอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการ Integrate ระบบ Radar sighting system ทำให้สามารถตรวจจذبและ Lock เป้าหมายฝ่ายตรงข้ามได้ถึง 15 เครื่อง และสามารถใช้อาวุธได้อย่างต่อเนื่องถึง 4 เครื่อง

มีรายงานเมื่อ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545 จากการทดลองใน Simulator ปรากฏว่า Su-30 มีสมรรถนะเทียบเท่ากับ บ.F-15C เมื่อมีการใช้จรวด BVR AA-12 และ ตามด้วย IR-Guided AA-11 ในระยะใกล้

GRIPEN (JAS 39)

Gripen บ.ขับไล่เอนกประสงค์ ผลิตและพัฒนาโดย Saab เริ่มบินครั้งแรกเมื่อเดือนธันวาคม 1988 ติดตั้งเครื่องยนต์แบบ GE F-404 RM12 โดย Volvo Aero ระบบเครื่องยนต์เป็นแบบ Digital engine control automatically

Radar เป็นแบบ Long range multi-purpose pulse Doppler รุ่น Ericsson PS-05 สามารถตรวจจذب เป้าหมายได้หลายเครื่องพร้อมกันและยังจัดลำดับความสำคัญของเป้าหมายให้โดยอัตโนมัติ สำหรับการชี้เรดาร์ในภารกิจอากาศสู่อากาศ สามารถมองหาและชี้เป้าได้ที่ระยะไกล และเช่นเดียวกันคือ สามารถเลือกลำดับความสำคัญของเป้าหมายได้ ให้ความคมชัดของภาพที่ปรากฏบนจอเรดาร์สูง

ระบบอาวุธ สามารถบรรจุได้ทั้งสองภารกิจคืออากาศสู่อากาศ อากาศสู่อากาศ เช่น MICA ของ Matra BAe Dynamics , AIM-120B(AMRAAM) และ AIM-9Lส่วนอากาศสู่อากาศพื้นดิน จำพวก stand-off dispenser ได้แก่ DWF39 Diamler-Chrysler Aerospace and Bofors, กะเปาะจรวด ARAK 70 โดย Bofors และ จรวด Marverick (AGM-65)

ติดตั้งปืนกลอากาศในลำตัวขนาด 27 มิลลิเมตร Mauser โดยมีเรดาร์ช่วยคำนวณเป้าหมายอัตโนมัติทำ

ให้เพิ่มความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และยังมีระบบแจ้งสถานการณ์ (Situation Awareness) ให้นักบินได้ทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์ในพื้นที่การรบในขณะปัจจุบันเป็นอย่างไร การบินขึ้นลงใช้สนามบินสั้น สามารถใช้ทางหลวงนำเครื่องขึ้นหรือลงได้

Euro Fighter 2000 (EF-2000)

Eurofighter บ.ขับไล่เอนกประสงค์ 2 เครื่องยนต์ ซึ่งสามารถปฏิบัติการได้อย่างหลากหลาย สร้างโดยกลุ่มประเทศยุโรป 4 ประเทศ คือ อังกฤษ,เยอรมัน,อิตาลี และ สเปน ถูกสร้างขึ้นมาใช้แทน บ.รบรุ่นต่างๆที่มีประจำการอยู่

Eurofighter เป็น บ.รบที่มีความโดดเด่นในด้านสมรรถนะการบิน มีอัตราส่วนของกำลังขับต่อน้ำหนักของ บ.สูง (High Thrust To Weight Ratio) มีระบบบังคับการบินแบบ Carefree Handling ซึ่งช่วยลดภาระกรรมของ นบ.ลงไปได้ โดยเฉพาะการบินปฏิบัติการในเวลากลางคืน และเป็น บ.รบเอนกประสงค์ (Multi-Role Combat Fighter) สามารถบินได้ในหลายภารกิจ เช่น อากาศ-อากาศ, อากาศ-พื้นดิน โดยเฉพาะในภารกิจ Air Interdiction ซึ่งสามารถบรรลุทุกอาวุธได้มากและมีรัศมีการบินที่ไกลกว่า บ.รบแบบเดิมที่มีประจำการอยู่ไม่ว่าจะเป็น บ.แบบ Tornado หรือ Jaguar

ระบบ Avionics ที่ทันสมัยเป็นหัวใจสำคัญของ Eurofighter ซึ่งจะใช้คุณสมบัติที่เรียกว่า Integrated System เชื่อมต่อระบบต่างๆให้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ โดยเฉพาะระบบป้องกันตนเอง

Eurofighter ถูกออกแบบให้มีคุณลักษณะการบินที่ไม่เสถียรภาพ (Unstable) เช่นเดียวกับ บ.F-16 ซึ่งทำให้ บ.สามารถเปลี่ยนแปลงท่าทางการบินต่างๆได้อย่างรวดเร็วมาก ซึ่งจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการบินที่มีความสามารถสูง และใช้ระบบ Fly-by-Wire ส่วนเครื่องยนต์ได้พัฒนาให้มีกำลังขับที่สูงขึ้นแต่ประหยัดในการใช้เชื้อเพลิง

บ.มีอายุการใช้งานประมาณ 25 ปี หรือ 6000 ชั่วโมงบิน บ.ลำแรกขึ้นบินทดสอบในปี ค.ศ. 1994 ในประเทศ เยอรมนี และจะเริ่มทยอยเข้าประจำการในกองทัพทั้ง 4 ชาติในปี ค.ศ. 2003

F-22 Raptor

โครงการเครื่องบินรบทันสมัยอันดับหนึ่งในศตวรรษหน้าของสหรัฐฯ ด้วยความร่วมมือของบริษัทชั้นนำ เช่น Lockheed Martin (Aeronautics Company), บ. Boeing และ บ.General Dynamics

F-22 ถูกออกแบบให้เป็น บ.ขับไล่สำหรับการครองอากาศ เพื่อทดแทน F-15 โดยมีสมรรถนะที่สูงกว่าความมีความเชื่อถือได้แน่นอนกว่าสองเท่าและลดจำนวนการสนับสนุนทางภาคพื้นลงได้ครึ่งหนึ่ง

ความเร็วสูงสุด 1.8 Mach ที่ความสูง 50,000 ฟุต มีสองเครื่องยนต์ F-119 PW100 supercruise capability สามารถติดตั้งอาวุธได้ทั้งภายในลำตัวและนอกลำตัว ติดตั้งเชื้อเพลิงสำรองได้ ๔ ถัง พิสัยบินปฏิบัติการไกล 700 nm

ความสามารถ ในการบรรลุทุกอาวุธของ F-22

F-22 สามารถบรรลุทุกอาวุธได้ทั้งภายในลำตัวและภายนอกลำตัว

- Internal Weapons ภายในลำตัวสามารถบรรลุทุก ระเบิด 1000 ปอนด์ แบบ Joint Direct Attack

Munitions(JDAM) 2 ลูก และจรวดนำวิถีระยะยิงไกลเกินสายตาแบบ AIM-120C จำนวน 6 นัด ที่ central bay จรวดอากาศ-อากาศ แบบ AIM-9M 2 นัด ที่ side bays ซึ่งยังคงมีคุณลักษณะ Stealth อยู่

- External Combat Configuration การติดตั้งอาวุธนอกลำตัว สามารถบรรจุทุกอาวุธ จรวดนำวิถีระยะยิงไกลเกินสายตาแบบ AIM-120C จำนวน 4 นัด และ ถังน้ำมันสำรอง 2 ถัง

- Ferry Configuration สำหรับบินเดินทาง สามารถบรรจุทุกอาวุธจรวดนำวิถีระยะยิงไกลเกินสายตาแบบ AIM-120C จำนวน 8 นัดถึงถังน้ำมันสำรอง 4 ถัง

ระบบ Avionics ของ F-22 ติดตั้งระบบเรดาร์ แบบ AN/APG-77 ,ระบบ DATA LINK แบบ Inter/Intra –Flight Data Link (IFDL) ให้ข้อมูลร่วมอัตโนมัติ ,ระบบ นำร่องแบบ LN-100F สองเครื่อง (Inertial Reference System: IRS) ข้อมูล IRS จะถูกนำไปประมวลผลร่วมกับข้อมูลจาก GPS (Global Positioning System) ทำให้ข้อมูลมีค่าความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

JSF(F-35) Joint Strike Fighter

JSF เป็น บ.รบนอกประสงค์รุ่นใหม่ ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกาจะนำเข้าประจำการแทน บ.รบนุ่นเก่า เช่น F-16, F-18 หรือ AV-8B โดยได้เริ่มต้นโครงการในปี 1996 ในลักษณะ CONCEPT DEMONSTRATION PHASE ซึ่งมี 2 บริษัทเข้าร่วมโปรแกรม คือ BOEING AEROSPACE และ LOCKHEED MARTIN โดยทั้ง 2 บริษัทจะต้องสร้าง บ.ต้นแบบสาธิตของ JSF ใน 3 ลักษณะที่แตกต่างกัน กล่าวคือ แบบสำหรับกองทัพอากาศ กองทัพเรือ และนาวิกโยธิน ซึ่งจะมี 1 บริษัท เท่านั้นที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสู่โปรแกรมขั้นการพัฒนาและผลิตต่อไป

ในปี 2001 กองทัพอากาศสหรัฐฯได้เลือกบริษัท LOCKHEED MARTIN ให้เป็นผู้ชนะการแข่งขัน และถูกกำหนดให้เป็น บ.F-35 ซึ่งในช่วงแรกจะถูกสร้างขึ้นมา 22 ลำ ตามขั้นตอนที่เรียกว่า SDD หรือ SYSTEM DEVELOPMENT AND DEMONSTRATION เพื่อใช้ในการทดสอบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบสมรรถนะ ด้านการบิน การใช้อาวุธ หรือคุณลักษณะการล่องหน ซึ่งต้องใช้เงินทุนในการพัฒนาเป็นจำนวนมาก ดังนั้น สหรัฐอเมริกาจึงเปิดโอกาสให้ประเทศพันธมิตร รวมทั้งประเทศอังกฤษซึ่งได้ร่วมโครงการตั้งแต่เริ่มเข้ามาร่วมลงทุนพัฒนา บ.F-35 และยังมี AUSTRALIA CANADA, DENMARK, ITALY, NETHERLAND, NORWAY, TURKEY ,ISRAEL และ สิงคโปร์

บ.F-35 จะถูกผลิตออกมา 3 รุ่น ดังนี้

(๑) F-35A เป็นแบบ CTOL; CONVENTIONAL TAKE-OFF AND LANDING AIRCRAFT ใช้ในการบินรบอากาศสู่อากาศหรืออากาศสู่พื้นดิน โดยปฏิบัติการจากสนามบินบนพื้น จึงเป็นรุ่นที่ใช้สำหรับกองทัพอากาศ ซึ่งจะนำมาทดแทน บ.รบ แบบ F-16 หรือ A-10

(๒) F-35B แบบ STOVL; SHORT TAKE-OFF AND VERTICAL LANDING เป็นรุ่นที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับนาวิกโยธิน ซึ่ง บ.รุ่นนี้จะมีคุณสมบัติคล้าย บ.แบบ HARRIER ที่ใช้ทางวิ่งสั้นและสามารถลงทางดิ่งได้ โดยนำมาทดแทน บ.แบบ AV-8B

(๓) F-35C แบบ CV; CARRIER BASED VARIANT รุ่นนี้ออกแบบมาให้ปฏิบัติการจากเรือบรรทุกเครื่องบิน ซึ่งจะต้องมีระบบโครงสร้างที่แข็งแรง เพื่อรับแรงจุดจากรบบปล่อยเครื่องบินจากตาดีฟ้าเรือ (CATAPULT) และมีระบบขอเกี่ยว (TAIL HOOK) เพื่อยึดสายเคเบิล เมื่อกลับมอลงบนเรือ จะใช้ทดแทน บ.แบบ F/A-18 C/D และ A-6

บ. F-35 ได้ถูกพัฒนาและคิดค้นโดยกลุ่มบริษัท ซึ่งมี LOCKHEED MARTIN เป็นผู้นำ ดังนั้นจึงมีการใช้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าหลากหลาย ซึ่งแต่ละบริษัทมีความชำนาญ เช่น NORTHROP GRUMMAN รับผิดชอบระบบ RADAR แบบ AESA (ACTIVE ELECTRONICALLY SCANNED ANTENNA) BAE SYSTEMS รับผิดชอบในส่วนโครงสร้างด้านท้าย รวมถึงระบบ INTEGRATED ELECTRONIC WARFARE SUITE เป็นต้น

บ. F-35 ยังมีคุณสมบัติของการล่องหนจากการออกแบบรูปร่าง การใช้วัสดุประเภท RAM (Radar Absorbant Material) รวมถึงการมีช่องเก็บอาวุธภายในลำตัว ระบบอาวุธ HIGH TECHNOLOGY ทั้งแบบ AMRAAM และ JDAM ระบบ SENSOR ต่าง ๆ ซึ่งได้รับเทคโนโลยีถ่ายทอดจากการพัฒนา บ.ขับได้ แบบ F-22 ช่วยให้ F-35 เป็น บ.ที่มีศักยภาพในการครอบคลุมนิเวศน์ของภารกิจและเป็นที่ยอมรับว่าเป็น บ.รบ ประสิทธิภาพสูงมากที่สุดในโลกแบบหนึ่ง

๒. องค์ประกอบที่สำคัญของอากาศยานยุคใหม่

๒.๑ ตัวอากาศยาน (PLATFORM)

ในอนาคตถึงจนกระทั่งตราบโดก็ตามที่ยังไม่มีเทคโนโลยีที่สามารถตรวจจับเครื่องบินล่องหนได้ การพัฒนาอากาศยานรบไม่ว่าจะเป็นด้านวัสดุและรูปร่างหรือโครงสร้าง ตลอดจนการออกแบบให้คงความเป็น stealth นั้น ก็ยังคงมีการพัฒนาต่อไป เพียงแต่ก้าวต่อไปของการพัฒนานั้นก็คือ ทำอย่างไรให้มีขนาดเล็กลงแต่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือหากรรมวิธี ที่จะคงความเป็น stealth ได้ต่อไปนานๆ

๒.๑.๑ โครงสร้างอากาศยาน

เทคโนโลยีเครื่องบินแบบล่องหน (Stealth Technology)

Stealth หมายถึง วิธีทำให้การตรวจพบวัตถุใดๆ ของ Sensor เช่น Radar, Heat Seeker (IR), Sound Detector และแม้กระทั่ง ตาของมนุษย์เองนั้น เป็นไปได้ยาก เช่นกรณีของ บ. F-22 นั้นถูกออกแบบเพื่อให้ Radar Cross Section มีขนาดเทียบได้กับ นก หรือ ฝูงตัวเล็กๆ จึงทำให้ บ. F-22 นั้นถูกตรวจจับได้ยากมากเมื่อเทียบกับ บ. Fighter อื่นๆ

ข้อพิจารณาหลักในการออกแบบ บ. Stealth ต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญดังนี้

- ลดการปรากฏบนจอ Radar ของฝ่ายตรงข้าม (Imprint on Radar screen)
- ลดเสียงที่เกิดขึ้น (Noise)
- ลดความร้อนที่ทำให้เกิดการปรากฏของภาพ Infrared (IR Pictures)

- ไม่ใช้สัญญาณวิทยุ (Radio Transmission)

- ทำให้มองเห็นเครื่องบินได้ยากด้วยสายตา

ทั้งนี้การออกแบบต้องเป็นความล่องตัวของความต้องการ บ.ล่องหน (Stealth) แต่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพทางอากาศพลศาสตร์ของ บ.

Low Observability

- การออกแบบรูปร่างให้เป็นเหลี่ยมมุมอย่างผสมกลมกลืน เช่น รูปร่างของหัวเครื่อง, ลำตัว บ.บริเวณท่อนอากาศเข้า และ เครื่องยนต์ รวมทั้งส่วนหน้าด้านบนของลำตัว
- ขอบหรือมุมที่มีลักษณะเป็นฟันปลา (Serrated Edges) โดยเฉพาะบริเวณประตูห้องเก็บอาวุธ
- Multiple lobe design เป็นการออกแบบ Boundary ของพื้นผิวหลายๆ ไม่ให้ชนกันและกันเพื่อลด Reflect ของคลื่นที่กระทบพื้นผิวของ บ. ซึ่งพอสรุปได้ว่า การทำพื้นผิวให้เป็นลอนคลื่นนั้นเพื่อให้ Return ที่เกิดจากตัว บ. นั้นลดต่ำที่สุด และ เพื่อเพิ่ม Scintillation ในทิศทางของลอนคลื่น (Scintillation คือ การวัดค่าความเร็วของขนาดของ Return ที่แปรผันกับมุม) หากค่าความผันแปรนี้ยิ่งมีค่ามาก เป้าหมายก็จะยิ่งถูกตรวจจับได้ยากขึ้น
(ยิ่งจำนวนลอน มีมากเท่าไร และยิ่งมีความแคบมากๆ ก็จะทำให้ความสามารถในการตรวจจับน้อยลง)

Radar Absorbance Materials (RAM)

- การใช้ Ceramic Matrix RAM บริเวณท่อนท้าย ย. เพื่อลด Radar และ IR Signature
- Wide-band Structural RAM ที่ใช้บริเวณมุมปีก

การลด Radar Cross Section คือ

- Shaping เพื่อให้การกระจายกลับของคลื่น (Backscatter) มีค่าน้อยที่สุด โดยหลีกเลี่ยงรูปร่างลักษณะที่ทำให้เกิดการกระจายกลับของคลื่นสูง (High-return Shapes) และลดมุมตกกระทบของคลื่น Radar (Attitude Angles)
- Coatings and Absorbers เพื่อช่วยในการดูดซับพลังงาน (Energy Absorption)

องค์ประกอบอื่นๆ ที่ทำให้ถูกตรวจจับได้

- Jet Wakes ทำให้เกิดละอองในอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Carbon ที่เกิดขึ้นนั้นนับว่าเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิด Radar Reflection

ถ้าจะกล่าวโดยสรุปว่า การลดการถูกตรวจจับนั้นสามารถทำได้โดยการผสมผสานกันอย่างกลมกลืนของ การออกแบบรูปร่าง การเลือกใช้วัสดุ และการออกแบบในส่วนรายละเอียดต่างๆ ของ บ.

นอกจากเครื่องบินที่มีสมรรถนะสูงแล้วเทคโนโลยีที่ต้องพัฒนาควบคู่ไปด้วยกันกับสมรรถนะของ บ. คือ เครื่องยนต์ ระบบ Avionics, ระบบอาวุธ ที่จะเป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้ บ. สามารถใช้ขีดความสามารถได้ถึงจุดสูงสุดตามที่ต้องการ

๒.๑.๒ เครื่องยนต์

บ.ขับไล่นอกอากาศจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบต่างๆ ให้ก้าวหน้ามากที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้เกิด

ความได้เปรียบต่อฝ่ายตรงข้าม ซึ่งระบบขับเคลื่อนของ อากาศยานนั้นถือว่าเป็นปัจจัยหลักอีกประการหนึ่งซึ่งทำให้เกิดความได้เปรียบ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนา เครื่องยนต์สำหรับ บ.ขับได้มาอย่างต่อเนื่องโดยใช้เทคโนโลยีในหลายด้านร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีด้านวัสดุศาสตร์เทคโนโลยีในการออกแบบเครื่องยนต์ ซึ่งต้องใช้ คอมพิวเตอร์ชั้นสูง

คุณลักษณะของเครื่องยนต์ บ.ขับได้ในอนาคตที่ควรจะมี

(๑) HIGH THRUST คือ ต้องเป็น ย.ที่ให้กำลังขับที่สูงขึ้น มีสมรรถนะมากขึ้นสามารถทำให้ บ.เร่งผ่านความเร็วเสียงโดยที่ไม่ต้องใช้สันดาปท้าย หรือ AFTER BURNER ซึ่งเรียกคุณสมบัตินี้ว่า SUPER CRUISE จะทำให้เกิดความได้เปรียบในเรื่อง การประหยัดเชื้อเพลิง, ให้พิสัยบินที่ไกลขึ้น และยังคงคุณลักษณะการล่องหนได้ดี การพัฒนาด้านวัสดุมีส่วนอย่างมากในการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่นการใช้วัสดุประเภท TITANIUM ALLOY ที่มีความแข็งแรงและทนต่อความร้อนได้ดีกว่าวัสดุที่ใช้ในปัจจุบัน โดยนำมาใช้ในส่วนอัดอากาศ ซึ่งทำให้ใช้ชุดอัดอากาศที่น้อยกว่า แต่มีประสิทธิภาพมากกว่า หรือนำไปใช้ในห้องเผาไหม้ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการบำรุงรักษาเหมือนเดิม ทำให้ ย.มี ประสิทธิภาพโดยรวมที่สูงขึ้น

(๒) VECTORING NOZZLE การนำคุณลักษณะที่เรียกว่า Vectoring Nozzle หรือการใช้ท่อไอพ่นที่ปรับทิศทางได้มาใช้กับ ย.แบบใหม่นี้ ทำให้ บ.สามารถที่จะบินเลี้ยวหรือเปลี่ยนแปลงทิศทางการบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการปรับท่อท้ายนี้จะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ควบคุมด้านการบิน ระบบนี้จะเป็นมาตรฐานของเครื่องยนต์ บ.ขับได้ต่อไปในอนาคต

(๓) RELIABILITY การเป็น ย.ที่ไว้ใจได้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก ซึ่งต้องเริ่มมาจากการออกแบบที่ดี ในปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์ชั้นสูงมาใช้ในการคำนวณออกแบบ และจำลองผลทางอากาศพลศาสตร์ เช่น ระบบ COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) ทำให้สามารถออกแบบ ย. ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไว้วางใจได้มากขึ้น รวมถึงการใช้วัสดุประเภทก้ำวหน้า และการใช้คอมพิวเตอร์ในระบบ DIGITAL ไปควบคุม ย.โดยตรง ซึ่งคอมพิวเตอร์นี้จะทำงานประสานกับคอมพิวเตอร์ส่วนอื่น ๆ อย่างสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียว (SINGLE FLIGHT UNIT) เพื่อให้เกิดสมรรถนะในการบินที่สูงสุด

(๔) INCREASED DURABILITY AND EASY TO MAINTENANCE แนวความคิดในการออกแบบใช้วัสดุชั้นก้ำวหน้าต่าง ๆ ทำให้ ย.เพิ่มความทนทานมากยิ่งขึ้น รวมถึงการออกแบบให้ส่วนประกอบที่น้อยลง แต่มีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาไม่ต้องตรวจสอบบ่อย ๆ สามารถถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็วในแบบ ONE DEED คือ ชิ้นส่วนต่าง ๆ สามารถถอดเปลี่ยนได้ในชั้นเดียวไม่ซ้อนกัน โดยใช้เครื่องมือมาตรฐาน 1 ใน 6 ของเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงเท่านั้น

ตัวอย่าง

F-119-PW-100 ENGING

F-119-PW-100 เป็นเครื่องยนต์ของ F-22 ซึ่งให้แรงขับสูงถูกออกแบบให้สามารถบินได้ถึง 1.4 เท่า ความเร็วเสียง โดยไม่ต้องใช้สันดาปท้าย ที่เรียกว่า Supercruise ให้แรงขับ 35,000 ปอนด์ต่อ เครื่องยนต์(F-22 มีสองเครื่องยนต์) เปรียบเทียบกับ F-16 A/B ให้แรงขับเพียง 25,000 ปอนด์ สำหรับท่อท้าย เป็นแบบ

thrust vectoring nozzle ซึ่งสมรรถนะแบบที่สูงสุดในโลก สามารถปรับได้ 20 องศาขึ้นและลง ทำให้สามารถเพิ่มอัตราเสี้ยวของ บ.ได้เร็วขึ้น 50 %

จะเห็นได้ว่า ในอนาคตจะมีเครื่องยนต์สำหรับ บ.ที่พัฒนาโดยมีอัตราส่วนแรงจุดต่อน้ำหนักสูง (Thrust to Weight Ratio) คือมากกว่าหนึ่ง มีคุณสมบัติ Supercruise ขึ้นส่วนในการการถอดประกอบน้อยและซ่อมบำรุงง่าย ตลอดจนสามารถปรับทิศทางของท่อท้ายเพื่อเพิ่มอัตราเสี้ยวให้เร็วยิ่งขึ้น

เช่น บ.F-16 มีอัตราส่วนแรงจุดต่อน้ำหนัก(Thrust to Weight Ratio)ประมาณเท่ากับหนึ่ง ที่ clean configuration และ F-22 มีค่าอัตราส่วนแรงจุดต่อน้ำหนัก(Thrust to Weight Ratio)มากกว่าหนึ่ง

๒.๒ ระบบ AVIOICS และระบบควบคุมการบิน (Flight Control System)

ใน บ.รบสมัยใหม่ ระบบ AVIONICS จะมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากต่อขีดความสามารถของเครื่องบิน จะใช้ระบบที่เรียกว่า INTEGRATED AVIONICS SUITE ซึ่งจะเชื่อมโยงระบบต่างๆ เอาไว้ด้วยกัน เช่น ระบบ RADAR, ระบบ IDENTIFICATION SENSOR หรือ ระบบ ELECTRONIC WARFARE เพื่อทำการประมวลผลหรือเชื่อมต่อส่งผ่านข้อมูลให้ระบบต่างๆ โดย COMMON INTEGRATED PROCESSOR (CIP) เปรียบเสมือนเป็นมันสมองของระบบ แล้วส่งข้อมูลต่อไปยังห้องนักบิน ซึ่งจะลดภาระกรรมของนักบินลงไปได้มาก ทั้งในด้านการบิน, การใช้อาวุธหรือแม้กระทั่งการหลบหลีกจากอาวุธของฝ่ายตรงข้าม โดยจะกล่าวถึงระบบหลัก เช่น ระบบเรดาร์อากาศยาน ระบบต่อต้านทางอิเล็กทรอนิกส์ และระบบเดินอากาศ

๒.๒.๑. ระบบ RADAR

ถือว่าเป็นระบบที่สำคัญที่สุดของ บ.รบสมัยใหม่อีกระบบหนึ่ง โดย ขึ้นก้าวน้ำหนักนั้นจะต้องเป็นระบบที่มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถตรวจจับเป้าหมายได้ที่ระยะไกล ซึ่งจะทำให้ได้เปรียบฝ่ายตรงข้าม
- สามารถที่จะ SCAN BEAM ได้อย่างรวดเร็วเพื่อค้นหาเป้าหมาย ซึ่งใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า ELECTRONICALLY SCAN ในปัจจุบัน เช่น RADAR APG-70 ของ F-15 จะต้องใช้เวลา 14 วินาที ในการ SCAN SPACE ด้านหน้าของ บ.ในกรวย 120 องศา แต่ถ้าเป็นระบบใหม่จะใช้เวลาไม่ถึงหนึ่งวินาที เช่น AN/APG-77 ที่ติดตั้งกับ บ.แบบ F-22
- เป็น RADAR ที่สามารถทำงานได้หลาย FUNCTION ในเวลาเดียวกัน เช่น ขณะ TRACKING เป้าหมายหนึ่งอยู่ก็ต้องสามารถตรวจหาเป้าหมายอื่น ๆ ได้ด้วย และสามารถที่จะจัด PRIORITY หรือให้ลำดับความสำคัญของแต่ละเป้าหมายกับ นบ.
- มีคุณสมบัติช่วยให้ บ.ยังคงคุณลักษณะการตรวจจับได้ยาก (STEALTH) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของ ELECTRONICALLY SCANNED ARRAY RADAR
- ขณะตรวจจับ LOCK-ON เป้าหมายต้องไม่ทำให้ข้าศึกรู้ตัวจากการเตือนของระบบ RADAR WARNING RECEIVER ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้คุณลักษณะของ LOW PROBABILITY OF

INTERCEPT (LPI)

- สามารถพิสูจน์แบบของ บ.เป้าหมายได้ว่าเป็น บ.แบบใด ซึ่งจะสามารถช่วยให้ นบ.พิสูจน์ทราบเป้าหมายได้แน่ชัด โดยกระบวนการ INVERSE SYNTHETIC APERTURE RADAR (ISAR)

ตัวอย่างระบบเรดาร์แบบ AN/APG-77

AN/APG-77

ติดตั้งกับ บ.รบรุ่นใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกาแบบ F-22 ซึ่งถูกออกแบบมาให้เป็น บ.รบที่ครอง ห้วงอากาศในทศวรรษหน้า โดยมีระบบ RADAR แบบ AN/APG-77 เปรียบเสมือนเป็นดวงตา มีขีดความสามารถในการตรวจจับเป้าหมายฝ่ายตรงข้ามไม่ว่าจะเป็นเป้าหมายทางภาคพื้นหรือภาคอากาศ ได้ในระยะไกลเกินกว่าที่ระบบ RADAR ของฝ่ายตรงข้ามจะตรวจจับได้ จึงสามารถที่จะโจมตีข้าศึกได้โดยที่ข้าศึก ยังไม่ทันรู้ตัว

AN/APG-77 ได้ใช้เทคโนโลยีรุ่นล่าสุดในการ SCAN คลื่น RADAR ที่เรียกว่า AESA หรือ ACTIVE ELECTRONICALLY SCANNED ANTENNA ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้การ SCAN เป็นไปได้อย่างรวดเร็วมาก และต่อเนื่อง จึงทำให้ นบ.ได้รับข้อมูลต่าง ๆ ของเป้าหมายไม่ว่าจะเป็น ความเร็ว ความสูง หรือทิศทางการบิน อย่างถูกต้องและต่อเนื่อง ซึ่งต่างจากระบบ RADAR ในปัจจุบัน เช่นในรุ่น APG-70 ที่ติดตั้งกับ บ.F-15E/F ที่ จะทำการ UPDATE ข้อมูลของเป้าหมายเฉลี่ยทุก 10-15 วินาที การใช้เทคโนโลยี AESA ยังช่วยลดส่วนหรือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องมีการเคลื่อนที่ เช่น จาก RADAR ทำให้ลดปัญหาในด้านการซ่อมบำรุง และที่สำคัญยัง ช่วยลด RCS (RADAR CROSS SECTION) ซึ่งเป็นจุดประสงค์ของการทำให้เกิดคุณลักษณะล่องหนของ บ. หรือที่เรียกว่า STEALTH นั่นเอง ดังที่กล่าวมาแล้วว่า AN/APG-77 นั้นเปรียบเสมือนเป็นดวงตาของ บ.รบ ใครเห็นฝ่ายตรงข้ามได้ก่อนย่อมได้เปรียบในการรบ ดังคำพูดที่ว่า FIRST LOOK, FIRST LAUNCH & FIRST KILL

๒.๒.๒ ระบบการต่อต้านทางอิเล็กทรอนิกส์ (ELECTRONICS COUNTER MEASURE)

เป็นระบบมาตรฐานซึ่งติดตั้งกับ บ.รบสมัยใหม่ในปัจจุบันประกอบไปด้วย ระบบ RADAR WARNING RECEIVER, ระบบ MISSILE APPROACH WARNING SYSTEM (MAWS) , ระบบ CHAFF/FLARFS ฯลฯ ซึ่งระบบต่าง ๆ จะทำงานอย่างสัมพันธ์และเป็นแบบอัตโนมัติ เช่น เมื่อ บ.ถูกยิง โดยจรวดนำวิถี ระบบ MAWS จะตรวจจับได้ และจะเตือนให้ นบ.ทราบ พร้อมทั้งปล่อยเป้าลวงออกไปเองโดยอัตโนมัติ เป็นต้น

๒.๒.๓ ระบบเดินอากาศสมัยใหม่

ระบบ INERTIAL REFERENCE SYSTEM (IRS) เป็นระบบที่บอกตำแหน่งของเครื่องบินเทียบกับพื้นโลก ซึ่งจะรวมระบบ INS (INERTIAL NAVIGATION SYSTEM) แบบ RING LASER GYROSCOPES กับระบบ GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) ไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถบอกตำแหน่งและใช้ในการเดินอากาศได้อย่างถูกต้องเที่ยงตรงมากที่สุด

GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) ปัจจุบันระบบ GPS ได้รับสัญญาณจากดาวเทียมทั้งสิ้น 27 ดวง แต่นำมาใช้จริงสำหรับการหาพิกัดเพียง 3 ดวง แบ่งระดับการให้ข้อมูลออกเป็นสองระดับคือ Standard Positioning Service (SPS) เป็นการให้ข้อมูลกับผู้ใช้ทั่วไป และ Precise Positioning Service (PPS) ข้อมูลเกี่ยวกับทางทหารที่ต้องการค่าความแม่นยำสูง

Standard Positioning Service (SPS) เป็นการให้ข้อมูลตำแหน่งและเวลาอย่างต่อเนื่องกับผู้ใช้ GPS ทั่วไป อยู่ในย่านความถี่ $L_1=1575.42$ MHz ซึ่งให้ข้อมูลแบบ COARSE ACQUISITION (C/A) CODE ซึ่งให้ข้อมูลตำแหน่งพิกัดการเดินทางที่มีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน 100 เมตร (95 เปอร์เซ็นต์) ในทางระดับ และ 156 เมตร (95 เปอร์เซ็นต์) ทางตั้ง สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับเวลาให้ค่าผิดพลาดจาก UTC ไม่เกิน 340 nanoseconds (95 เปอร์เซ็นต์)

Precise Positioning Service (PPS) เป็นการให้ค่าพิกัดตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา ที่แม่นยำมาก ซึ่ง authorized โดย U.S. P(Y) CODE capable military ซึ่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ที่ 22 เมตร (95 เปอร์เซ็นต์) ในทางระดับ และ 27.7 เมตร ทางตั้ง สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับเวลาให้ค่าผิดพลาดจาก UTC ไม่เกิน 200 nanoseconds (95 เปอร์เซ็นต์) PPS จะส่งข้อมูลผ่านย่านความถี่ $L_1=1575.42$ MHz และ $L_2=1227.6$ สำหรับใช้ในกองทัพสหรัฐฯ หน่วยราชการ และเฉพาะหน่วยที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น แต่สำหรับ PPS CODE ที่ใช้ในกองทัพสหรัฐฯ จะมีค่าความแม่นยำสูงมากเนื่องจากไม่มีการตั้งค่า error (ผู้กำหนดค่า error คือ DOD: Department of Defense) เช่นใน PPS ให้ค่าความคลาดเคลื่อนเหลือเพียงน้อยกว่า 3 เมตร เท่านั้น ในปัจจุบันสำหรับผู้ใช้ทั่วไป ในระบบ SPS ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ 15-35 เมตร

๒.๒.๔ ระบบนำอากาศยานเข้าโจมตีเป้าหมาย (Navigation and targetting system)

LITENING POD ได้เริ่ม พัฒนาโดย บริษัท RAFAEL ในปี 1992, เป็นการรวม เอาาระบบ ซีเป้า และ ระบบการเดินอากาศเข้าหาเป้าหมายเข้าด้วยกัน เพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยระบบ แรก เป็น 1st Generation FLIR และ TV camera, ซึ่ง การออก แบบ ดังกล่าว จะอำนวยความสะดวกให้กับ นบ. ในการตรวจจับ พิสูจน์ทราบ ติดตาม และซีเป้าหมายภาคพื้นได้ทั้งกลางวันและกลางคืน สามารถใช้ซีเป้าให้กับ บ. ลำอื่น หรือ ระเบิดที่ บรรทุกไปเอง สามารถใช้กับ ระเบิด Laser Guided Bombs, cluster bomb และ general purpose bombs ทั้งยังสามารถ พิสูจน์ทราบเป้าหมายที่อยู่ในระยะไกล (BVR) โดย ทำงานร่วมกับระบบ INS ซึ่งใช้ในการบินเข้าหาเป้าหมาย เมื่อจำเป็นจะต้องเข้าไปในเมฆ หรือสภาพอากาศ นอกจากนั้น ยังสามารถใช้ในการ ประมวลผล ผลการทำลาย หลังจากการโจมตีได้อีกด้วย (BDA)

Litening III นั้น เป็น ระบบ Gen III, FLIR ใช้ระบบ dual-wavelength diode-pumped laser มี ระบบ stabilization และ Self boresighting และสามารถใช้ กับระบบอาวุธ stand off และติดตั้งกับ บ.รบ ได้หลายแบบ โดยไม่ต้อง ทำการ เปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ปัจจุบัน ระบบ Litening นั้นได้ถูกนำเข้าประจำการ กับ กองทัพอากาศ ๑๔ ประเทศรวมทั้ง ทอ.สหรัฐฯ โดยติดตั้ง กับ บ. F-16 Block 25/30/32, AV-8B, F/A-18), Tornado IDS, Gripen, Mirage 2000, MiG-27, Eurofighter และ F-15 ของ อิสราเอล

PANTERA เป็น Targeting Pod รุ่น Export ของ บริษัท Lockheed Martin(Sniper extended range (XR)) ซึ่ง สหรัฐฯ ได้ปรับปรุงเพื่อใช้กับ บ. F-15, F-16 โดยจะนำเข้าประจำการ จำนวน 522 ชุด เมื่อเปรียบเทียบกับ ระบบในปัจจุบัน PANTERA มีสมรรถนะและขีดความสามารถสูงกว่าระบบ Targeting Pod ในยุคแรก ถึง สามเท่า ใน ปัจจุบัน PANTERA ได้รับการคัดเลือกจาก ประเทศ นอร์เวย์ เข้าติดตั้งในโครงการ Mid-Life-Update (MLU) ของ บ. F-16 ซึ่ง ทอ. ของ ประเทศ นอร์เวย์ โดยได้คำนึง สมรรถนะในการใช้อาวุธ Stand off และความแม่นยำสูง อีกทั้งยังออกแบบเพื่อนำไปติดตั้ง กับ บ. JSF ในอนาคตอีกด้วย PANTERA เป็นการพัฒนาในขั้น Gen III หรือ Advanced Targeting Pod ออกแบบ เพื่อให้ใช้ กับ บ.ขับได้ในปัจจุบัน และในอนาคต ให้ Mid-Wave FLIR ,มีระบบ Dual Mode laser , CCTV , Automatic Boresighting และมีระบบ Stabilization เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการใช้อาวุธ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ร่วมกับ ระบบ อาวุธ Stand-off หรือ ระเบิด สมัยใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีระบบ Automatic Tracking ในการหาเป้าหมาย Via Real-time Imaginary แสดงใน cockpit displays ในด้านการซ่อมบำรุง ถูกออกแบบให้ระบบ มี Reliability สูง และให้ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

๒.๒.๕ ระบบควบคุมการบิน (Flight Control System)

ระบบควบคุมการบินในปัจจุบันอำนวยความสะดวกการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เป็นระบบ fly-by-wire กล่าวคือ ไฟฟ้าจะเป็นตัวกลางที่จะเปลี่ยนสัญญาณจากแรงที่นักบินกระทำไม่ว่าจะเป็นที่ส่วนควบคุมพื้นบังคับหลักเช่น control stick หรือ rudder pedal แรงที่กระทำจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ไปอำนวยความสะดวกให้พื้นบังคับการบินทำงานเช่น horizontal tails, flaperons, rudders ตลอดจน นอกจากนี้ระบบบังคับการบินใน บ.สมัยใหม่จะยังมีระบบ limiters เพื่อป้องกันการเกิด departures และ บ.เข้า spin ซึ่งเป็นอันตรายต่อการบิน

๒.๓ ระบบบัญชาการและควบคุม Command and Control

เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่า คุณลักษณะของกำลังทางอากาศคือ ความเร็วสูง สามารถไปถึงที่หมายที่อยู่ห่างไกลได้ อย่างไม่มีขีดจำกัดภายในระยะเวลาสั้น และใช้อาวุธที่มีอำนาจทำลายรุนแรงต่อเป้าหมายนั้นๆได้ อย่างแม่นยำ ยิ่งไปกว่านั้นกำลังทางอากาศยังมีความอ่อนตัวสูง สามารถเปลี่ยนแปลงภารกิจหรือเป้าหมายเมื่อสถานการณ์เปลี่ยนแปลงได้อย่างทันท่วงที ซึ่งได้พิสูจน์ให้เห็นอย่างชัดเจนมาแล้วในสงครามอ่าวเปอร์เซีย ว่ากำลังทางอากาศมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการปฏิบัติการของกองกำลังผสม ส่งผลให้การรบยุติลงอย่างรวดเร็ว

อย่างไรก็ตามหากนำคุณลักษณะเด่นเหล่านี้ไปใช้อย่างไม่ระมัดระวัง ก็อาจส่งผลให้มีการใช้กำลังทางอากาศอย่างกระจัดกระจาย เสมือนเบี้ยหวัดตก ไม่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ทำให้ขาดการรวมกำลัง ยิ่งไปกว่านั้นด้วยขีดจำกัดของจำนวนอากาศยาน และค่าใช้จ่ายที่สูง จึงไม่สามารถสนองต่อความต้องการในภารกิจต่างๆได้อย่างเพียงพอ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดลำดับความเร่งด่วน (SET PRIORITY) และความสำคัญของแต่ละภารกิจ ตามแต่สถานการณ์ในขณะนั้นจะกำหนด

การใช้กำลังทางอากาศให้ได้ผลสูงสุด จึงจำเป็นที่จะต้องมึระบบการจ้ดดำเนินการ หรือระบบบัญชาการและควบคุมที่ดี โดยแนวทางในการจ้ดระบบบัญชาการและควบคุมนั้น จะต้องพัฒนาไปตามความเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นภัยคุกคาม ภารกิจ หรือเทคโนโลยีใหม่ๆ จะเป็นปัจจัยหลักที่เก็ยข้องกับระบบบัญชาการและควบคุม

๒.๓.๑ SECURE COMMUNICATIONS

การติดต่อสื่อสารทั่วไปหรือแม้แต่ในระบบบัญชาการและควบคุม ที่มีการส่งคลื่นสัญญาณเป็นการติดต่อที่ง่ายต่อการถูกดักรับฟังด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ เพราะวิทยุส่งคลื่นออกไปทุกทิศทุกทาง ถ้าหากผู้ที่ต้องการดักรับฟังตั้งความถี่ให้ตรงกับคลื่นที่ส่งออกมา ก็จะรับฟังข้อมูลได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีการคิดค้นวิทยุที่สามารถป้องกันการถูกดักรับฟังได้เรียกว่า ANTI-JAM RADIO ซึ่งการทำงานของ ANTI-JAM RADIO ทำโดยการส่งคลื่นวิทยุออกไปในลักษณะที่เรียกว่า Frequency-Hopping ซึ่งวิทยุจะเปลี่ยนคลื่นความถี่ที่ส่งออกไปตลอดเวลา ด้วยความเร็วสูงหลายๆความถี่ภายในหนึ่งวินาที ดังนั้นเครื่องรับก็ต้องเปลี่ยนความถี่ให้ถูกต้องและทันตามเวลาที่ ANTI-JAM RADIO ส่งออกมา ระบบนี้ประกอบไปด้วยสองตัวแปรหลักคือ

- TIME โดยวิทยุแต่ละเครื่องต้องกำหนดเวลาให้ตรงกัน โดยอาจจะใช้เวลามาตรฐานของระบบ GPS
- FREQUENCY การกำหนดช่วงความถี่ที่จะเปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา

ปัจจุบันระบบ ANTI-JAM RADIO มีใช้งานใน บ.แบบ F-16 A/B ADF ณ ฝูงบิน 102 ซึ่งเป็นรุ่น ARC-164, HAVE QUICK II

๒.๓.๒ DATA LINK

สิ่งหนึ่งที่จะช่วยให้การปฏิบัติในระบบ C2 มีประสิทธิภาพสูงสุดคือระบบ DATA LINK คุณลักษณะของระบบ DATA LINK ทำให้การติดต่อสื่อสารระหว่างหน่วยต่างๆในระบบ command and control หรือ C2 เช่น ศูนย์ยุทธการทางอากาศ, ศูนย์ควบคุมและรายงาน และ เครื่องบินขับไล่ เป็นไปได้อย่างรวดเร็วครบถ้วนและชัดเจน ช่วยในการวางแผน และทำให้การตกลงตัดสินใจของผู้บังคับบัญชา เป็นไปได้อย่างรวดเร็วทันเวลา

เครื่องบินขับไล่ที่ติดตั้งระบบ DATA LINK จะมีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นดังนี้

- สามารถถ่ายทอดข้อมูลเช่น RADAR PICTURE ถึง ศูนย์ยุทธการทางอากาศ, ศูนย์ควบคุมและรายงาน และ เครื่องบิน AEW ตลอดจนเพิ่มความรอบรู้และเข้าใจในสถานการณ์ (Situation Awareness) ให้กับนักบินและเจ้าหน้าที่ควบคุมฯ เป็นอย่างมาก
- หมู่บินที่ปฏิบัติการด้วยกันจะช่วยลดการแผ่รังสีคลื่นเรดาร์ เพื่อลดโอกาสการถูกตรวจจับ หรือสร้างสภาพลวงให้กับ เครื่องบินรบของข้าศึก โดยในหมู่บินเปิด AIR BORNE RADAR เพียงเครื่องเดียว แล้วส่งข้อมูล RADAR PICTURE ไปยังเครื่องบินอื่นๆในหมู่บิน

ตัวอย่าง ระบบ DATA LINK แบบ Inter/Intra-Flight Data Link (IFDL) เป็นระบบเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างเครื่องบิน โดย นบ.จะสามารถให้หรือขอข้อมูลต่าง ๆ จากเครื่องบินลำอื่น ๆ ได้อัตโนมัติโดยไม่ต้อง

สอบถามทางวิทยุ เช่น ปริมาณเชื้อเพลิง, จำนวนอาวุธที่เหลือ หรือใช้แบ่งแยกแยะเป้าหมาย เพื่อไม่ให้โจมตีเป้าหมายเดียวกัน ซึ่งปัจจุบันได้รับการติดตั้งกับ บ.F-22

เช่นระบบ pacer twin ที่ติดตั้งกับ บ.แบบ F-16 A/B ADF ของกองทัพอากาศไทย เรียกว่า AADL(Air-to-Air Flight Data Link) สามารถให้ข้อมูลแก่นักบินในหมู่บิน เช่น ความเร็วความสูงในหมู่บิน ปริมาณเชื้อเพลิง จำนวนอาวุธที่เหลือ หรือใช้แบ่งแยกแยะเป้าหมาย เพื่อไม่ให้โจมตีเป้าหมายเดียวกัน pacer twin ที่ใช้กับ บ. F-16 ADF นั้นเป็นแบบ Intra Flight คือ ใช้ในเฉพาะหมู่บิน ไม่สามารถติดต่อกับอุปกรณ์หรือ บ.ที่ไม่ได้อยู่ในหมู่บินได้

๒.๓.๓ Satellite Communications

Sat Com เป็นระบบการสื่อสารดาวเทียมในย่านความถี่ 2 GHz ถึง 14 GHz มีชื่อเรียกและมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เช่น

X-Band อยู่ในย่านความถี่ 2-4 GHz สามารถส่งสัญญาณ เสียง หรือ ภาพ ความถี่สูง จานเรดาร์ภาครับจะมีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะเป็นประเภท เรดาร์ตรวจอากาศ หรือ weather radar

C-BAND อยู่ในย่านความถี่ 4-6 GHz จะมี Area Coverage มากกว่า และ Footprint มีรัศมีมากกว่า ใช้ในข่ายสื่อสารกระทรวงกลาโหม ข่ายโทรศัพท์มือถือทางไกลระหว่างประเทศ

Ku-BAND อยู่ในย่านความถี่ 12-14 GHz มีความเข้มสูง footprint เล็กกว่า การใช้งานส่วนใหญ่เกี่ยวกับการส่งฐานข้อมูลใหญ่ๆ เช่น ระบบการเงินธนาคาร ระบบ Cable T.V.

Broad Band Communications เป็นระบบการสื่อสารยุคใหม่ที่มี Band width หรือแถบความถี่กว้าง มีคุณสมบัติในการรองรับสัญญาณภาพและเสียงพร้อมกัน โดยใช้ระบบ Fiber optic เป็นสื่อสัญญาณ ซึ่งเป็นการขยายสัญญาณจากย่าน C-BAND เป็น Ku-BAND โดยจะพัฒนาโดยใช้ดาวเทียมเป็นสื่อสัญญาณ

นอกจากระบบ Command Control ที่เป็น ground station และ การ ระบบผ่านดาวเทียมแล้ว ในอนาคตจะมีการรวบรวมระบบบัญชาการการและควบคุม การลาดตระเวนหาข่าว มารวมกันและติดตั้งบน บ.ลำตัวกว้าง เรียกว่า Multisensor Command Control Aircraft(MC2A) คือ นำอุปกรณ์ของ บ.AWAC บ. Joint Star และ บ. Rivet Joint มาติดตั้งกับ บ. Boeing 767-400 ER เป็นการสนับสนุนแนวความคิด Global Strike Task Force โดยใช้ระบบ Single Management System ซึ่งจะมีขีดความสามารถในการควบคุมบังคับบัญชา บ.ได้ทั้ง Air battle controller และ Ground surveillance รวมทั้งสามารถสอดแนมหาข่าว (SIGINT) ตลอดจนสามารถควบคุม UAV และ UCAV ได้

๒.๔ ระบบอาวุธอากาศยาน (Weapon System)

ระบบอาวุธจะแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือ อากาศสู่อากาศ และอากาศสู่พื้น

๒.๔.๑ อากาศสู่อากาศ

ระบบอาวุธอากาศสู่อากาศระยะปานกลางระยะยิงไกลเกินสายตาที่มีประสิทธิภาพเป็นที่แพร่หลายมีใช้งานในประเทศพันธมิตรของสหรัฐอเมริกา รวมถึงประเทศไทยเราด้วย ก็คือ

จรวด AIM-120

AIM-120 AMRAAM (ADVANCED MEDIUM-RANGE AIR-TO-AIR MSL)

เป็นจรวดที่ นบ.สามารถทำการยิงในแบบ FIRE AND FORGET คือเมื่อยิงจรวดออกไปแล้ว นบ.สามารถที่จะบินหนีออกจากพื้นที่ดังกล่าวได้ในทันที ซึ่งจรวดจะนำวิถีด้วยระบบ RADAR ภายในตัวจรวดเองเข้าหาเป้าหมายเพื่อทำลายต่อไป AIM-120C เป็นจรวดนำวิถีอากาศ-อากาศ ซึ่งถูกออกแบบมาทดแทน AIM-7 Sparrow มีระยะยิงประมาณ 25 miles/45 กิโลเมตร นำวิถีโดย active pulse-doppler radar ความเร็ว มากกว่า 4 Mach สามารถปลดอาวุธทำลายซ้ำศึกทุกท่าทางบินและทุกความเร็ว

ส่วนอาวุธนำวิถีด้วยความร้อนระยะใกล้ แบบ AIM-9 SIDEWINDER ก็ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเช่นกัน จนในปัจจุบันสหรัฐอเมริกา กำลังจะนำ AIM-9X ออกมาใช้งาน ซึ่งจะเป็นจรวดนำวิถีด้วยความร้อนที่มีประสิทธิภาพมาก ยากต่อการต่อต้าน ไม่ว่าจะเป็นการปล่อยเป้าลวงความร้อน (FLARES) หรือการบินเลี้ยวหนีอย่างฉับพลัน เพราะที่ขูดนำวิถีจะใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า STARING FOCAL PLANE ARRAYS ตรวจจับหาค้นความร้อน (IR) ได้ครอบคลุมทุกย่านทำให้สามารถสร้างภาพ IR ของเป้าหมายได้แล้วนำวิถีเข้าหา จึงไม่สามารถใช้เป้าลวงได้ผล ประกอบกับบริเวณไอพ่น จะให้แบบ VECTORING NOZZLE ทำให้จรวดสามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางได้ทำให้ยากต่อการบินหลบหนี

MICA

ผลิตโดย บ.Matra Bae Dynamics ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งนับว่าเป็นนวัตกรรมใหม่ของจรวดนำวิถี ระยะยิงไกลเกินสายตาที่สามารถจรวดที่กำลังพุ่งเข้าหา บ.ของเราและสามารถทำลายเป้าหมายได้ไกลถึง 28 miles หรือ 50 กิโลเมตร นำวิถีด้วย inertial and Active radar หรือ imaging IR

AIM-132 ASRAAM

(ADVANCED SHORT-RANGE AIR-TO-AIR MISSILE) ASRAAM เป็นอาวุธนำวิถีด้วยความร้อนระยะใกล้ ที่มีความคล่องตัวและประสิทธิภาพในการทำลายเป้าหมายสูง ซึ่งเป็นอาวุธนำวิถีที่สามารถรับช่วงต่อจากจรวดนำวิถีระยะยิงไกลเกินสายตาแบบ AIM-120 ที่มีระยะยิงในช่วง 5-50 กิโลเมตร เป็นอย่างดีด้วยสมรรถนะที่สูงในระยะยิงประมาณ 300 เมตร ถึง 15 กิโลเมตร โครงการนี้ได้เริ่มต้นตั้งแต่ปี 1980 โดยความร่วมมือระหว่างประเทศ เยอรมนี กับ อังกฤษ แต่ไม่สามารถตกลงด้านความร่วมมือทางการค้ากันได้ เยอรมนีจึงถอนตัวออกไปเมื่อปี 1990

ASSRAAM เข้าประจำการในกองทัพอากาศอังกฤษช่วงปลายปี 1998 และได้ถูกติดตั้งกับ Tornado F3 และ Harrier GR-7 และจะเป็นอาวุธจรวดนำวิถีระยะใกล้หลักที่จะทำการติดตั้งกับ บ. Eurofighter ในอนาคตต่อไป

Python IV

Python IV ผลิตโดย บ. Rafael ประเทศอิสราเอล จัดเป็นจรวดนำวิถีระยะใกล้ 4th Generation คือสามารถใช้อาวุธแบบ all aspect และสามารถยิงแบบ off-bore sight คือสามารถใช้อาวุธต่อเป้าหมายโดย

ไม่ต้องหันหัวเครื่องเข้าหาเป้าหมาย ประกอบกับประสิทธิภาพของจรวดและรูปทรงทาง Aerodynamics ที่ดี ทำให้ Python IV เป็นจรวดที่มีอำนาจการทำลายสูง

ไม่เพียงแต่ Python IV สามารถยิงได้จากมุมที่มากกว่าจรวดนำวิถีแบบอื่นแล้ว หลังจากยิงจรวดออกไป จรวดยังสามารถรักษาการ track เป้าถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงท่าทางบินที่ แรง G สูง ได้ และแม้ว่าจรวดจะพลาดเป้าในครั้งแรก จรวดก็ยังสามารถรักษาการ Track เป้าหมายในลักษณะ tail chase เพื่อทำลายเป้าหมายต่อไป โดยระยะเวลาในการ engage ประมาณ 30 วินาที ในปัจจุบันกำลังจะเข้าประจำการในประเทศไทย ณ ฝูงบิน 211 ซึ่งติดตั้งกับ บ. F-5E/F Modify (Tigris) และสามารถใช้งานร่วมกับ DASH หรือ (Display And Sight Helmet)

DASH คือชุดอุปกรณ์ที่แสดงภาพบน Helmet นักบิน (Helmet Mounted Sight) สามารถช่วยให้นักบินมีความง่ายในการใช้อาวุธโดยเพียงแค่มองไปยังเป้าหมาย ก็จะทำให้หัวจรวดมองตามไปด้วย โดยข้อมูลที่แสดงบน Helmet นักบินนั้น จะเป็นข้อมูลตำแหน่งที่ เรดาร์ของเราและจรวด ติดตามตรวจจับเป้าหมาย และจะบอกว่าเมื่อไหร่ที่เป้าหมายอยู่ในระยะยิงที่หวังผล (Dynamics Launch Zone:DLZ) โดยที่นักบินไม่จำเป็นต้องก้มลงไปมองใน cockpit และไม่จำเป็นต้องหันหัวเครื่องตามเป้าหมายเลย นอกจากนี้ภาพที่แสดงยังให้ข้อมูลด้านการบิน เกี่ยวกับท่าทางการบินและกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินอีกด้วย

DASH อยู่ในระหว่างการทดสอบเพื่อติดตั้งกับ บ. F-5 E/F ณ ฝูงบิน 211

๒.๓.๒ อาวุธอากาศสู่พื้นดิน

ในส่วนระบบอาวุธอากาศสู่พื้นในปัจจุบันได้รับการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้อาวุธนั้นมีความแม่นยำเที่ยงตรง ให้อำนาจการทำลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นไปตาม CONCEPT ของอาวุธที่เรียกว่า SMART WEAPON การรบในปัจจุบันนั้นจำเป็นต้องใช้อาวุธประเภทนี้มากยิ่งขึ้น เพราะเป้าหมายต่างๆ นั้น อาจอยู่ใกล้กับพื้นที่ของพลเรือน ถ้าหากผิดพลาดขึ้นมาอาจทำให้ประชาชนผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องต้องสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินได้ ซึ่งระบบอาวุธที่ทันสมัยเหล่านี้ต้องประกอบไปด้วย ชุดนำวิถี ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์หลักในการนำทางให้อาวุธสู่เป้าหมายได้ถูกต้อง ซึ่งชุดนำวิธินั้นมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท เช่น นำวิถีด้วยรังสีอินฟราเรด นำวิถีด้วย LASER และในปัจจุบันกำลังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องก็คือ ระบบนำวิถีด้วยดาวเทียม โดยติดตั้งระบบ GPS ให้กับระเบิด เช่น ระเบิด GBU-22 JDAM (JOINT DIRECT ATTACK MUNITION) ซึ่งได้รับการพิสูจน์ความแม่นยำมาแล้วจากสงครามอัฟกานิสถาน โดย บ.ทิ้งระเบิด B-2 ของอเมริกา ใช้ระเบิดแบบนี้ทิ้งสู่เป้าหมายต่างๆ โดยสามารถทำลายเป้าหมายได้ โดยใช้ระเบิด ๑ ลูกต่อ ๑ เป้าหมาย

ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นภายใต้เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อต้องการค่าความแม่นยำ 90 % ที่เป้าหมายทั่วไป ขนาด 60X100 ฟุต

ส่วน 1.01 Conflict	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ระเบิด ตกห่างจากเป้าหมาย(ฟุต)	จำนวนระเบิด 2000 ปอนด์/ลูก
สงครามโลกครั้งที่ ๒ (B-17)	3,300	9070
สงครามเกาหลี (F-84/F-105)	400	176
สงครามอ่าวเปอร์เซีย(F-16) (Unguided bomb)	200	30
สงครามอ่าวเปอร์เซีย (F-117 PGM) (Precision Guided Munitions)	<10	1

บทความ II. จะเห็นได้ว่าผลของการใช้อาวุธที่ต้องการต่อเป้าหมายเดียวในอดีตต้องใช้เครื่องบินทิ้งระเบิดจำนวนมากมายมหาศาล แต่ในปัจจุบันหนึ่งเป้าหมายต่อระเบิดหนึ่งลูก

อาวุธ อากาศสู่งที่สำคัญและได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องได้แก่ JDAM (Joint Direct Attack Munition) , JASSM (Joint Air-to-Surface Stand-off Missile), Small Diameter Bomb(SDB),

JDAM (Joint Direct Attack Munition)

JDAM ประกอบไปด้วย ชูตนำวิถีซึ่งติดที่ส่วนหาง จะเป็นอุปกรณ์หลักในการนำทางให้อาวุธสู่เป้าหมายได้ถูกต้อง near precision guided (Smart) ซึ่งชูตนำวิธินั้น ประกอบด้วยระบบ INS/GPS ติดตั้งกับ Mk.83 ,1000 ปอนด์ จึงทำให้มีความแม่นยำสูง มีคุณสมบัติ high altitude all weather conventional bombing capability และในปัจจุบันให้ค่าความแม่นยำของการใช้อาวุธ (a circular error probable) น้อยกว่า 15 เมตร และกำลังพัฒนาเพื่อให้มีความแม่นยำน้อยกว่า 10 เมตร สำหรับ GBU-32 JDAM สามารถปลดจาก บ. F-22 ได้จากความสูงประมาณ 40,000 ฟุต ที่ระยะทางประมาณ 15 ไมล์ โดยได้รับข้อมูลพิกัดจาก บ. ก่อนปลดผ่านทาง Mil Std 1760 data bus และข้อมูลจาก INS ในตัว ขณะที่ระเบิดอยู่ในอากาศ จะ update ข้อมูล จากดาวเทียม 24 ดวง เพื่อช่วยให้ระเบิดเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำ

JSOW (Joint Stand-Off Weapon)

JSOW เป็นอาวุธนำวิถีตระกูล AGM(Air-to-Ground Missile) ,AGM-154A, AGM-154B และ AGM-154C(NAVY ONLY) ชูตนำวิถีด้วยระบบ INS/GPS ยกเว้น AGM-154C ที่ชูตนำวิถีเป็นระบบ INS/GPS&IIR terminal seeker(television and Imaging infrared) ผลิตโดย บริษัท Raytheon รุ่น AGM-154C ติดหัวรบ 500 ปอนด์ unitary สามารถใช้อาวุธความสูงต่ำที่ระยะ 15 nm และมากกว่า 40 nm ที่ high altitude

JASSM (Joint Air-to-Surface Stand-off Missile)

JASSM ประกอบไปด้วย ชุดนำวิถี ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์หลักในการนำทางให้อาวุธสู่เป้าหมาย ได้ถูกต้อง ด้วยระบบ Terminal phase infrared seeker with mid-course navigation&INS/GPS back up terminal guidance โดย บริษัท Lockheed Martin ติดหัวรบ 1000 ปอนด์ สำหรับเป้าหมายที่เป็น hard target penetrator เช่น AGM-158A ระยะยิงที่ 115 miles ให้แรงขับด้วย Teledyne Continental Motors สามารถติดตั้งได้กับ F-16, B-52, F/A-18, B-1B และ B-2

Small Diameter Bomb(SDB)

SDB เป็นระเบิดรุ่นใหม่ซึ่งกำลังได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ติดตั้งกับ บ.รบโจมตี รวมทั้งอากาศยานรบไร้คนขับ (UCAV; Unmanned Combat Aerial Vehicle) ของสหรัฐอเมริกา เป็นระเบิดที่มีความแม่นยำสูง ติดตั้งระบบนำวิถีแบบ INS/GPS เหมือนระเบิด JDAM แต่จะมีขนาดเล็กกว่า คืออยู่ใน Class ระเบิดเอนกประสงค์ขนาด 250 ปอนด์ ทำให้ บ.สามารถบรรจุระเบิดแบบนี้ไปได้มากขึ้น และเป็นโอกาสเพิ่มโอกาสในการทำลายเป้าหมายต่อ 1 เทียวบินได้เพิ่มมากขึ้น ด้วย เนื่องจาก SDB เป็นระเบิดที่มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับ JDAM จึงสามารถใช้ในการทำลายเป้าหมายที่เป็น Pin Point อยู่ใกล้พื้นที่ของพลเรือนซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการโจมตีได้ โดยไม่เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของพลเรือน

SDB สามารถบรรจุได้กับ บ.แบบต่างๆ เช่น F-15, F-16, F-117, B-2, F-22, JSF โดย SDB จะถูกพัฒนาและผลิตออกมา 2 รุ่น คือ

- (1) รุ่นที่ใช้ทำลายเป้าหมายที่อยู่กับที่ (Fixed and Stationary Targets) โดยจะติดตั้งระบบนำวิถีแบบ INS/GPS
- (2) รุ่นที่ใช้ทำลายเป้าหมายที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (Mobile and Relocatable Targets) ซึ่งจะเพิ่มระบบ Terminal Seeker ที่สามารถตรวจหาเป้าหมายที่เคลื่อนที่ ก่อนที่จะนำวิถีเข้าทำลายเป้าหมายนั้น

สำหรับโครงการต่อไปในการพัฒนาระเบิด SDB จะมีการติดตั้งปีกขนาดเล็กซึ่งสามารถกางออกมาหลังปล่อยออกจากช่องเก็บอาวุธแล้ว ซึ่งจะเพิ่มรัศมีในการโจมตีได้มากขึ้น และยิ่งกว่านั้น ในโปรแกรมต่อไปอาจจะทำให้ระเบิดมีขีดความสามารถในการร่อนวนรอ (Loiter) เพื่อแยกแยะเป้าหมายให้ชัดเจนก่อนเข้าทำลายด้วย

SDB มีขีดความสามารถในการเจาะทะลุทะลวงเข้าไปในพื้นที่ผิวประเภท คอนกรีต โดยสามารถเจาะ คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนา 6 ฟุตได้อย่างสบาย และเนื่องจากใช้ระบบนำวิถีที่มีความแม่นยำสูงจึงมีความผิดพลาดจากเป้าหมายไม่เกิน 8 เมตร เท่านั้น

โครงการ SDB นั้นได้เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2001 มี US Air Force เป็นเจ้าของ โครงการ โดยมี 2 บริษัท

คือ Boeing และ Lockheed Martin เป็นคู่แข่งกันในการพัฒนาขั้นแรก ที่เรียกว่า Component Advanced Development Phase หลังจากนั้น US Air Force จะคัดเลือกเพียงบริษัทเดียวเท่านั้นที่จะได้รับสัญญาว่าจ้างเพื่อดำเนินโครงการต่อไปในขั้น System Development and Demonstration

Phase และ Production Phase ซึ่งคาดหมายว่าสหรัฐอเมริกาจะสามารถนำระเบิดแบบ SDB มาใช้งานได้ตั้งแต่ปี 2006 เป็นต้นไป

เทคโนโลยีอากาศยานในปัจจุบันและในอนาคต จะต้องคำนึงถึง เทคโนโลยีล่องหนเป็นหลัก ซึ่ง หมายถึงความปลอดภัยจากการตรวจจับได้จากฝ่ายตรงข้ามและหมายถึงการเล็ดลอดเข้าไปทำลายเป้าหมายได้อย่างปลอดภัย ดังจะกล่าวถึงรายละเอียดดังนี้

๒.๕ อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicles) UAV และอากาศยานโจมตีไร้คนขับ (Unmanned Combat Aerial Vehicles)

เทคโนโลยีด้านอากาศยานไร้คนขับ ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่ที่เรียกว่า RPV (Remotely Piloted Vehicles) มาเป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบินขับ (UAV) เครื่องบินกล ปัจจุบันนี้มีใช้อยู่แล้วหลายแบบ และยังมีการพัฒนาต่อไปเพื่อให้สามารถใช้อาวุธได้ในตัวเองที่เรียกว่าUCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicles) โดยมีจุดมุ่งหมายหลัก คือ ปฏิบัติภารกิจการบินกดดันการต่อต้านภาคพื้นของข้าศึก (Suppression of Enemy Air Defenses: SEAD) ซึ่งจะต้องทำให้ UAV มีสมรรถนะสูงขึ้น ติดอาวุธได้ในตัวเอง บินได้เร็ว และสามารถบินได้นานขึ้น เช่น X-45

RQ-4 Global Hawk เป็น UAV ขนาดใหญ่บรรทุกได้ ๒,๐๐๐ ปอนด์ เพดานบิน ๖๕,๐๐๐ ฟุต บินได้นานถึง ๔๒ ชั่วโมง ความเร็วเดินทาง ๓๔๐ ไมล์ต่อชั่วโมง บินได้ไกลกว่า ๑๓,๕๐๐ ไมล์ทะเล

RQ-1 Predator เป็น UAV ที่บินในระยสูงปานกลาง เพดานบินประมาณ ๒๕,๐๐๐ ฟุต บินได้นาน ๔๐ ชั่วโมง ระวังบรรทุก ๔๕๐ ปอนด์ ความเร็วเดินทาง ๗๐-๑๒๐ ไมล์ทะเล

Predator B เป็น UAV ที่บินในระยสูง เพดานบินประมาณ ๔๕,๐๐๐ ฟุต บินได้นาน ๒๔ ชั่วโมง ระวังบรรทุกมากกว่า ๗๕๐ ปอนด์ ความเร็วเดินทาง ๒๑๐ ไมล์ทะเล

X-45 Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV) จะเป็น unique UAV ที่บังคับได้จากระยะไกลมากๆ นักบินอาจจะนั่งอยู่ในฐานทัพในสหรัฐฯ ขณะที่ ตัวยานปฏิบัติการอยู่ในอีกซีกโลกหนึ่ง โดยใช้ระบบบังคับผ่านระบบ High-speed Fiber optic และ Satellite communication links (ใยแก้วนำแสงความเร็วสูง และข่ายการสื่อสารดาวเทียม) UCAV สามารถบินในท่าทางการบิน บวกและลบ 20 G ที่ นักบินไม่สามารถทนการกรรมขนาดนี้ได้ ด้วยสมรรถนะที่เหนือชั้นเช่นนี้ จึงสามารถทำงานที่เสี่ยงอันตรายที่สุดได้สำเร็จ (Dull Dirty Danger)

จะเห็นได้การเอานักบินออกมาจาก cockpit (ห้องนักบิน)จะเป็นปรากฏการณ์ใหม่ ที่ก่อประโยชน์ต่อการบิน ทั้งในด้านการแผนแบบและการใช้งานอย่างมหาศาล เพราะจะทำให้ขนาดของตัวเครื่องบินเล็กลง ทำให้ ภาคหน้าตัดเรดาร์ (Radar cross-section) เล็กตามลงไปด้วย ไม่ต้องมีเครื่องวัดต่างๆเป็นสื่อในการบังคับเครื่องบินระหว่างนักบินกับเครื่องบิน ไม่ต้องติดตั้งเก้าอี้ดีด ไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยชีวิต หรือ ต้องหากรรมวิธีทำให้ชีวิตดำรงอยู่ได้ในสภาวะแวดล้อมที่ผิดปกติ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านั้นจะทำให้น้ำหนัก ขนาดของเครื่องบินเพิ่มขึ้น และคิดเป็นจำนวนเงินมหาศาล

UCAV สามารถพัฒนาสมรรถนะทางอากาศพลศาสตร์ให้บินเร็วจนถึงย่าน Hypersonic นั่นคือ ความเร็ว 12-15 mach ที่ระยสูง 85,00-150,000 ฟุต ความเร็วระดับนี้สามารถโจมตีเป้าหมายได้ทุกแห่ง

ทั่วโลก แต่การบินในย่าน Hypersonic จะต้องพัฒนาเทคโนโลยีทางโครงสร้างวัสดุต่อไป เพื่อให้สามารถทนความร้อนสูงจากการเสียดทานของกระแสอากาศ แต่เมื่อจะใช้อาวุธก็ต้องลดความเร็วลงมาบินในย่าน Subsonic อีก เพราะเทคโนโลยี ปัจจุบันยังไม่สามารถปลดอาวุธได้อย่างแม่นยำในย่านความเร็วเหนือเสียง

ถึงแม้ว่าราคาของเทคโนโลยี UCAV ขณะนี้จะแพงมาก แต่ต่อไปจะถูกกลง และคาดว่าจะถูกกว่าราคาของเครื่องบินขับไล่ที่สมรรถนะใกล้เคียงกันในอนาคตข้างหน้า แต่ที่สำคัญไปกว่านั้น ถูกเพราะราคาชีวิตมนุษย์ที่สามารถจะสงวนรักษาไว้ได้ ในที่สุดแล้วจะทำให้ UCAV เป็นทางเลือกที่น่าจับตามองของการพัฒนากำลังทางอากาศในอนาคต

ข้อดีและข้อเสียของอากาศยานไร้คนขับ UAV และอากาศยานโจมตีไร้คนขับ (UCAV)

ข้อดี ของอากาศยานไร้คนขับ ประกอบด้วย

- การบินลาดตระเวนในบริเวณที่มีอันตรายสูง ที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยของนักบิน
- ลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก โดยตัดห้องนักบิน (Cockpit) และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักบินออกทั้งหมด ซึ่งทำให้สามารถออกแบบให้เครื่องบินมีขนาดเล็กลง, น้ำหนักเบาและปฏิบัติการกิจได้คล่องตัวกว่า

- สามารถออกแบบให้ทนต่อแรงโน้มถ่วงของโลกได้สูงกว่าระดับที่ร่างกายของนักบินจะสามารถรับได้

ข้อเสีย ที่ควรพิจารณา คือ

- การวางแผนทางยุทธศาสตร์ เจ้าหน้าที่จะมีประสบการณ์ในการประสานการปฏิบัติการกับเครื่องบินรบพร้อมนักบิน

- ประสิทธิภาพในการควบคุมเครื่องบินรบโดยนักบินมีการตอบสนองการตัดสินใจเฉพาะหน้าได้ดีกว่าผู้ควบคุมยานบินโจมตีไร้คนขับ (UCAV) ที่ซึ่งควบคุมอยู่แต่เพียงหน้าคอมพิวเตอร์ให้เครื่องบินปฏิบัติการที่ได้รับการป้อนข้อมูลเท่านั้น

- ต้องมีคณะทำงานที่ได้รับการฝึกมาอย่างดี

- ไม่สามารถทำงานในสภาพอากาศแปรปรวนอย่างรุนแรงได้

- ไม่สามารถตัดสินใจตามสถานการณ์ได้

๓. กองทัพอากาศกับเทคโนโลยีอากาศยาน 2010

จากคุณลักษณะกำลังทางอากาศที่ต้องมีประสิทธิภาพและคุณภาพในด้าน ความเร็ว ความอ่อนตัว พิสัยบิน ความแม่นยำ และอำนาจการทำลายสูงภายใต้เทคโนโลยีที่มีกลไกทาง Computer คือ Software ควบคุมอยู่แทบทุกระบบนั้น กองทัพอากาศควรเตรียมบุคลากรเพื่อรองรับเทคโนโลยีด้านนี้อย่างไร และทิศทาง การให้การศึกษาแก่นักเรียนนายเรืออากาศควรเป็นไปในทิศทางใดเพื่อกองทัพจะได้รับประโยชน์สูงสุด และควรสร้างนักเรียนนายเรืออากาศเพื่อตอบสนองความต้องการที่แท้จริงของกองทัพอากาศอย่างไรเพื่อให้พร้อมที่ก้าวไปสู่ กองทัพอากาศ Digital หรือ D-Airforce

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า องค์ประกอบเทคโนโลยี ของการปฏิบัติการทางอากาศ จะต้อง ประกอบไปด้วยเทคโนโลยีอากาศยาน ระบบเครื่องยนต์ ระบบ Avionics ระบบอาวุธ และ ระบบบัญชาการ ควบคุม ซึ่งระบบเหล่านี้คือหัวใจหลักของกองทัพ การพัฒนาให้ได้ผลถูกต้องต้องเริ่มจากความเข้าใจพื้นฐาน อย่างจริงจังถูกต้องและต้องแม่นยำ เราไม่อาจภูมิใจกับค่าผลสัมฤทธิ์ของงานรวม(out come + out put)ของ กองทัพได้ ตราบใดก็ตามที่เรายังไม่มีมาตรฐาน ไม่มีการพัฒนากระบวนการ ไม่เข้าใจความรู้พื้นฐานที่ลึกซึ้ง ดีพอที่จะทำให้มีการพัฒนาทั้งระบบ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดค่าดัชนีชี้วัดผลของงานที่ยั่งยืน และเป็นมาตรฐาน

ถ้าจะแบ่งการพัฒนาหลักสูตรการศึกษาของบุคลากรในกองทัพอากาศให้สอดคล้องกับความต้องการของกองทัพ อากาศ อาจแบ่งได้ดังนี้

๑. Platform Technology

หรือเทคโนโลยีด้านโครงสร้างเครื่องบิน ซึ่งเหล่าวิศวกรรวมอากาศยานน่าจะเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรง จากตามที่ได้กล่าวมาถึงเทคโนโลยีเครื่องบินในอนาคตนั้น รร.นอ. ควรให้ความสำคัญกับเนื้อหาวิชาที่จะ ปลูกฝังเป็นพื้นฐานสำคัญให้กับ นนอ. ไม่ว่าจะเป็นการให้ความรู้ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องบิน ความเข้าใจในการใช้วัสดุผสม การศึกษาวิหิตค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งาน (Mean Time between failure: MTBF)และการวางแผนในการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนอากาศยานให้สอดคล้องกับความสำเร็จทางด้านยุทธการ การเตรียมบุคลากรรองรับเทคโนโลยีใหม่ โดยเฉพาะการมีความรู้ก้าวหน้าทันกับเทคโนโลยี Design อากาศยาน แบบใหม่

๒. ระบบเครื่องยนต์

ในด้านระบบเครื่องยนต์ เหล่า วิศวกรรวมอากาศยาน จะเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจด้านนี้ มากที่สุด การให้ความรู้พื้นฐานและรู้จักกับเครื่องยนต์สมัยใหม่ ตลอดจนระบบการทำงานที่ลดความซับซ้อน แต่เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ให้สูงขึ้นขึ้น รวมถึงการศึกษาวัดดูประเภทก้าวหน้า และการศึกษา คอมพิวเตอร์ในระบบ DIGITAL ที่สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์โดยตรงให้มีความเข้าใจอย่าง ถ่องแท้ เพื่อให้การใช้งานได้ ของเครื่องยนต์ได้ถึงขีดความสามารถสูงสุด

๓. ระบบ Avionics

ในปัจจุบัน นับว่าเป็นวิวัฒนาการขั้นก้าวหน้าอีกขั้นหนึ่ง โดยจะมีตัวกลางคอย Integrate สัญญาณ จากอุปกรณ์ต่างๆ แล้วนำมาแสดงผลบนจอภาพ ตัวอย่าง เช่น MMRC (Modular Multi-Role Computer) ที่ กำลังติดตั้งกับ บ. F-5 Mod อยู่ในขณะนี้ นั้น จะ เป็นตัวควบคุม ทำหน้าที่เป็นmicro processor ในการ ควบคุม และศูนย์กลางในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจาก Avionics Mux Bus และ Armament Mux Bus ซึ่งช่วยให้ทั้งนักบินและเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ช่วยทำให้การตรวจสอบหาสาเหตุ ของข้อขัดข้องที่เกิดกับระบบง่ายและเร็วขึ้นโดยไม่ต้องรื้อสายไฟหาทั้งระบบ ซึ่ง MMRC สามารถบอกได้ว่า ระบบใดขัดข้อง และการซ่อมบำรุงก็จะง่ายขึ้น โดยสามารถถอดเปลี่ยนชุด MMRC ได้เลย เมื่อมาถึงจุดนี้ คำถามคือว่า เจ้าหน้าที่สนับสนุนเหล่าไหนจะเป็นผู้รับผิดชอบในการซ่อมบำรุงและดูแล MMRC ที่ Integrate ทั้ง ระบบ Avionics และระบบอาวุธไว้ด้วยกัน และเจ้าหน้าที่ที่ดูแลรับผิดชอบ มีความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับ

computer ตัวนี้แค่ไหน แน่แน่นอนที่สุดว่าคำถามนี้จะต้องถูกย้อนกลับไปว่า โรงเรียนนายเรืออากาศควรเตรียมบุคลากรด้านนี้โดยเฉพาะหรือไม่ ซึ่ง เทคโนโลยีเกี่ยวกับการ Integrated System นับวันจะมีบทบาทมากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากเครื่องบินรบสมัยใหม่จะใช้ระบบนี้เป็นหลักทั้งสิ้น เช่น F-22 และ JSF เป็นต้น

๔. ระบบบัญชาการและควบคุม Command and Control system

ระบบที่สำคัญอีกระบบหนึ่งซึ่งจะทำให้ภารกิจตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ นั่นคือ ระบบบัญชาการควบคุม Command Control ในปัจจุบันการที่จะได้รับข้อมูลอย่างฉับไวต้องเป็นในรูปแบบของ Digital Data Link ซึ่งต้องมีบุคลากรที่มีความชำนาญเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับ Net work และ Software ในการที่จะผลิตข่าวสารที่แม่นยำ รวดเร็ว สำหรับให้ผู้บังคับบัญชาตัดสินใจอย่างรวดเร็วที่สุด ดังนั้น การพัฒนาการศึกษาอย่างจริงจังและเป็นระบบ โดยน่าจะเริ่มสร้างพื้นฐานในสถาบันหลัก ที่มีความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับเทคโนโลยีด้าน Command Control โดยตรง

๕. เทคโนโลยีด้านการบริหารจัดการ

ระบบทั้งหลายทั้งหมดที่กล่าวไปแล้วนั้น จะไม่สามารถจัดการให้เป็นระบบ หมวดยุทธ เป็นขั้นเป็นตอนได้ ถ้าไม่มีเทคโนโลยีด้านการบริหารจัดการ ซึ่งในอนาคต นอกจากการบริหารกองทัพเพื่อให้อำนาจสามารถรับได้ รับชัยชนะทางยุทธการแล้ว การบริหารเรื่องการส่งกำลังและซ่อมบำรุงก็เป็นปัจจัยหลักอันหนึ่งที่เป็นส่วนสำคัญในการส่งผลการ แพ้ -ชนะ ของสงคราม การบริหารจัดการที่ดีจะสามารถทำให้อาวุธยุทธโธปกรณ์อยู่ในสภาพคงความพร้อมรบและมีสำรองทดแทนได้ตลอดเวลา ไม่เพียงแต่การบริหารอาวุธยุทธโธปกรณ์ให้คงความพร้อมรบได้เท่านั้น นักบริหารที่ดีต้องหากรรมวิธีลดต้นทุนแต่ให้ได้ผลกำไรและประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นต่อหน่วยสูงที่สุด ซึ่งในอนาคต กองทัพไม่จำเป็นต้องแบกรับภาระอันหนักอึ้งด้านการ ซ่อมบำรุง การมอบหมายงานให้กับบริษัทเอกชนเข้าดำเนินงานแทนในด้านการซ่อมบำรุงนั้น นอกจากจะเกิดประโยชน์โดยตรงกับทางราชการในด้านการปรับลดกำลังพลลงแล้ว ยังเกิดประโยชน์กับประเทศชาติโดยรวมอีกด้วย กล่าวคือการส่งเสริมให้เกิดการจ้างแรงงานภายในประเทศ การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมด้านการบิน และการส่งเสริมการลงทุน ในลักษณะของ Aviation Sector Investment กับประเทศต่าง ๆ เช่นเดียวกับที่ประเทศไทยอยู่ในระหว่างดำเนินการร่วมกับ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทั้งนี้และทั้งนั้นกองทัพอากาศจะต้องมีเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้ด้านการบริหารจัดการ(Aviation Management)และมีความชำนาญด้านการช่างเข้าไปร่วมดำเนินงานกับบริษัทเอกชนด้วย

จะเห็นได้ว่านอกเหนือจากการเข้าใจและมีความรู้เทคโนโลยีที่ทันสมัย การมียุทธวิธีที่ดี และการมีความรู้ด้านการบริหารจัดการที่ดีแล้ว บุคลิกภาพ ของผู้นำที่ดี จะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดที่พวกเราจะนำกองทัพไปสู่ความสำเร็จ ผู้นำที่เหมาะสมต้องมีบุคลิกภาพที่เปี่ยมไปด้วยวิสัยทัศน์ มีความคิดที่มองไปไกลเกินกว่าปัญหาเฉพาะหน้า มีความคิดอย่างนักยุทธศาสตร์ มีภูมิปัญญาที่จะประยุกต์ และผนึกทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งหมด ได้เป็นอย่างดี โดยมีหลักนิยมและอุดมการณ์ที่ถูกต้องและทันสมัย เป็นแนวทางในการปฏิบัติต่อไป

บทขยายความ

๑. Nano Technology คือ เทคโนโลยีในการผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กมาก 1/1000 เมตร คือ Nano Scale ดังตัวอย่างเช่น เราสามารถพิมพ์ Encyclopedia Britanica ทั้งเล่มได้เพียงเท่า หัวเข็มหมุด และทุกวันนี้ ประเทศญี่ปุ่น สามารถสร้างรถยนต์ที่มีกลไกเหมือนรถยนต์จริงมีขนาดเท่า **เมล็ดข้าว**

เอกสารอ้างอิง

๑. Juan Enriquez, *As The Future Catches You*, 2001

๒. RAF, *Perspective on Air Power*, 2001

INTERNET

<http://WWW.globalsecurity.org/military/world/russia/su-30mk.htm>

<http://WWW.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/f-22-stealth.htm>

<http://WWW.danshistory.com/gps.shtml>

<http://WWW.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/f-22-f119.htm>

<http://WWW.danshistory.com/smartm.shtml>

http://www.cowan70.freemove.co.uk/new_technology/stealth_technology.htm

<http://WWW.defendelink.mil/cgi-bin/diprint.cgi>

<http://WWW.geocities.com/surmon/saab/radar.html>

<http://WWW.geocities.com/surmon/saab/weapons.html>

<http://WWW.geocities.com/surmon/saab>

<http://WWW.danshistory.com/uav.shtml>

Journals

Nick Cook, 'Armed and dangerous'. JDW, Jan 2003, pps21-27

Maj Earl "Duke" Odom, 'Future Missions for UAVs'. MILTECH, Nov 2002, p53

Gregor Ferguson. 'UCAVs take to the air.' ADM, p16

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

