HOÀNG SƠN - ĐINH TẤN HƯNG - TRẦN THỊ THU HƯƠNG

KINH TẾ KHÔNG GIAN TẦM THẤP

Từ UAV đến một không gian kinh tế mới



NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ - TRUYỀN THÔNG

KINH TẾ
KHÔNG GIAN TẦM THẤP

Từ UAV đến một
không gian kinh tế mới

Cuốn sách này dành tặng:

.....

.....

.....

Ban biên soạn

HOÀNG SƠN

ĐINH TẤN HƯNG

TRẦN THỊ THU HƯƠNG

HOÀNG SƠN - ĐINH TẤN HƯNG - TRẦN THỊ THU HƯƠNG

KINH TẾ KHÔNG GIAN TẦM THẤP

Từ UAV đến một không gian kinh tế mới

NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ - TRUYỀN THÔNG

MỤC LỤC

MỤC LỤC **1**
LỜI NÓI ĐẦU **3**
CÁCH ĐỌC CUỐN SÁCH **8**
PHẦN I HIỂU ĐÚNG VỀ KINH TẾ TẦM THẤP **11**
CHƯƠNG 1. TỪ CHIẾC DRONE ĐẾN MỘT KHÔNG GIAN KINH TẾ MỚI 11
CHƯƠNG 2. BẢN ĐỒ HỆ SINH THÁI VÀ CHUỖI GIÁ TRỊ KINH TẾ TẦM THẤP 27
CHƯƠNG 3. CÁC MÔ HÌNH PHÁT TRIỂN KINH TẾ TẦM THẤP TRÊN THẾ GIỚI 37
PHẦN II CÔNG NGHỆ VÀ HẠ TẦNG KINH TẾ TẦM THẤP **48**
CHƯƠNG 4. CÁC LOẠI PHƯƠNG TIỆN BAY VÀ CÁCH LỰA CHỌN ..48
CHƯƠNG 5. CẢM BIẾN, TẢI TRỌNG, TRÍ TUỆ NHÂN TẠO VÀ DỮ LIỆU 62
CHƯƠNG 6. HẠ TẦNG SỐ VÀ QUẢN LÝ GIAO THÔNG TẦM THẤP ...75
CHƯƠNG 7. AN TOÀN, AN NINH, QUYỀN RIÊNG TƯ VÀ MÔI TRƯỜNG 88
PHẦN III THỊ TRƯỜNG VÀ CÁC BÀI TOÁN ỨNG DỤNG **99**
CHƯƠNG 8. NÔNG NGHIỆP, LÂM NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG 99
CHƯƠNG 9. ĐIỆN LỰC, DẦU KHÍ, CÔNG NGHIỆP VÀ XÂY DỰNG .114
CHƯƠNG 10. LOGISTICS, Y TẾ VÀ CỨU HỘ 125
CHƯƠNG 11. ĐÔ THỊ, GIAO THÔNG, DU LỊCH VÀ TRUYỀN THÔNG 134
PHẦN IV DOANH NGHIỆP THAM GIA THỊ TRƯỜNG THẾ NÀO **146**
CHƯƠNG 12. ĐỊNH VỊ DOANH NGHIỆP TRONG CHUỖI GIÁ TRỊ 146
CHƯƠNG 13. CÁC MÔ HÌNH KINH DOANH TRONG KINH TẾ TẦM THẤP 158
CHƯƠNG 14. TÍNH TOÁN HIỆU QUẢ KINH TẾ 169
CHƯƠNG 15. TỪ THỬ NGHIỆM ĐẾN HỢP ĐỒNG THƯƠNG MẠI ...180
PHẦN V CẨM NANG DÀNH CHO LÃNH ĐẠO VÀ CƠ QUAN QUẢN LÝ TẠI ĐỊA PHƯƠNG **192**
CHƯƠNG 16. ĐỊA PHƯƠNG NÊN BẮT ĐẦU TỪ ĐÂU? 192
CHƯƠNG 17. ĐỊA PHƯƠNG NÊN PHÁT TRIỂN THEO MÔ HÌNH NÀO? 205
CHƯƠNG 18. THỬ NGHIỆM VÀ ĐO LƯỜNG HIỆU QUẢ 216
PHẦN VI CẨM NANG PHÁP LÝ VÀ THỦ TỤC TẠI VIỆT NAM **226**

CHƯƠNG 19. BẢN ĐỒ PHÁP LÝ VỀ UAV 226
CHƯƠNG 20. QUY TRÌNH THỰC HIỆN MỘT NHIỆM VỤ BAY HỢP PHÁP 240
CHƯƠNG 21. CÁC TÌNH HUỐNG PHÁP LÝ THƯỜNG GẶP.....252
PHẦN VII TƯƠNG LAI CỦA KINH TẾ TẦM THẤP VIỆT NAM 269
CHƯƠNG 22. NHỮNG NĂNG LỰC VIỆT NAM CẦN XÂY DỰNG 269
CHƯƠNG 23. NHỮNG XU HƯỚNG ĐỊNH HÌNH GIAI ĐOẠN TIẾP THEO 282
KẾT LUẬN TỪ CHUYẾN BAY ĐẾN GIÁ TRỊ KINH TẾ.....297
PHỤ LỤC 1. BỘ CÔNG CỤ 1
CÔNG CỤ 1. MẪU ĐỀ CƯƠNG THỬ NGHIỆM.....1
CÔNG CỤ 2. BẢNG TÍNH TỔNG CHI PHÍ SỞ HỮU VÀ HIỆU QUẢ.....4
CÔNG CỤ 3. DANH MỤC KIỂM TRA AN TOÀN.....6
CÔNG CỤ 4. DANH MỤC KIỂM TRA HỒ SƠ VÀ THỦ TỤC 8
CÔNG CỤ 5. KHUNG ĐÁNH GIÁ NHÀ CUNG CẤP 12
PHỤ LỤC 2. TÀI LIỆU THAM KHẢO.....16
PHỤ LỤC 3. BẢNG THUẬT NGỮ SỬ DỤNG 22

LỜI NÓI ĐẦU

Trong phần lớn lịch sử phát triển kinh tế, không gian vài trăm mét phía trên mặt đất gần như chưa được nhìn nhận như một không gian kinh tế độc lập. Nó chủ yếu thuộc về hoạt động hàng không truyền thống, quốc phòng, hoặc những nhiệm vụ chuyên biệt. Nhưng sự phát triển nhanh của phương tiện bay không người lái (UAV), cảm biến, trí tuệ nhân tạo, thông tin di động, định vị chính xác, pin – năng lượng và các hệ thống quản lý giao thông số đang làm thay đổi điều đó.

Từ giao hàng, nông nghiệp, kiểm tra hạ tầng, khảo sát – bản đồ, cứu hộ, giám sát môi trường đến vận tải bằng phương tiện cất, hạ cánh thẳng đứng bằng điện trong tương lai, ngày càng nhiều hoạt động kinh tế có thể được tổ chức trong không gian tầm thấp. Khi đó, câu chuyện không còn đơn giản là một chiếc UAV có thể bay được bao xa, mang được bao nhiêu hay chụp được hình ảnh gì, mà là một câu hỏi lớn hơn: làm thế nào tổ chức một không gian mới để nhiều phương tiện, nhiều doanh nghiệp và nhiều hoạt động có thể cùng tồn tại, trao đổi dữ liệu, vận hành an toàn và tạo ra giá trị kinh tế – xã hội thực sự?

Ngày 28/9/2026, Kết luận số 99-KL/TW của Bộ Chính trị xác định không gian tầm thấp là tài nguyên quốc gia, không gian phát triển mới và không gian chủ quyền đặc biệt; đến năm 2045, kinh tế không gian tầm thấp được đặt mục tiêu trở thành một ngành kinh tế – kỹ thuật quan trọng, đóng góp khoảng 1,5% GDP.[2] Ba yêu cầu mà Kết luận đặt ra cho không gian này – khai thác, quản trị và bảo vệ – cũng là ba câu hỏi xuyên suốt cuốn sách: khai thác để tạo ra giá trị gì và cho ai; quản trị như thế nào để các hoạt động cùng tồn tại trong một vùng trời hữu hạn; và bảo vệ bằng cách nào để bảo đảm an toàn, chủ quyền, dữ liệu và quyền của những người sống dưới vùng trời ấy.

Đó chính là cách chúng tôi tiếp cận khái niệm kinh tế không gian tầm thấp trong cuốn sách này.

Nếu phải gói cách tiếp cận ấy vào một câu, chúng tôi sẽ nói: **kinh tế không gian tầm thấp là nền kinh tế dựa trên độ tin cậy, được tổ chức trong một không gian dùng chung.** Chiếc UAV ngày càng rẻ và dễ mua. Thứ khó tạo ra hơn nhiều là một kết quả mà người khác dám dùng, dám trả tiền và dám ký tên chịu trách nhiệm: một diện tích đã phun được nghiệm thu, một kết luận kỹ thuật dẫn tới lệnh sửa chữa, một kiện thuốc được trạm y tế ký nhận, một tuyến bay mà cộng đồng phía dưới chấp nhận. Giá trị kinh tế thuộc về những ai tổ chức và bảo đảm được độ tin cậy đó. Cuốn sách tìm hiểu độ tin cậy ấy được tạo ra như thế nào, ai trả tiền cho nó và cần cơ chế gì để bảo vệ nó.

Theo cách nhìn đó, UAV chỉ là một trong những phương tiện mở ra không gian mới. Giá trị kinh tế không nằm riêng trong chiếc UAV, mà hình thành từ cả một hệ sinh thái gồm phương tiện, tải trọng, cảm biến, dữ liệu, trí tuệ nhân tạo, hạ tầng kết nối, quản lý giao thông, điểm cất hạ cánh, năng lượng, dịch vụ vận hành, tiêu chuẩn, an toàn, an ninh, pháp luật, mô hình kinh doanh và năng lực tổ chức của Nhà nước cũng như doanh nghiệp.

Vì vậy, đây không phải là một cuốn cẩm nang kỹ thuật về UAV. Người đọc sẽ không tìm thấy ở đây một danh mục những mẫu thiết bị "tốt nhất", hay những dự báo lạc quan rằng mọi thứ trên mặt đất sẽ sớm được thay thế bằng phương tiện bay. Công nghệ luôn có giới hạn; mỗi ứng dụng chỉ có giá trị khi giải quyết được một bài toán cụ thể với chi phí, mức độ an toàn và trách nhiệm có thể chấp nhận được.

Cuốn sách cũng không nhìn kinh tế tầm thấp chỉ từ góc độ công nghệ. Một phương tiện có thể bay được chưa có nghĩa là một dịch vụ có thể vận hành. Một chuyến bay tạo ra dữ liệu chưa có nghĩa dữ liệu ấy đã trở thành thông tin hữu ích. Có mạng kết nối chưa có nghĩa đã có hệ thống quản lý giao thông. Có một thử nghiệm thành công chưa có nghĩa đã hình thành thị trường. Và có công nghệ khả thi cũng chưa có nghĩa xã hội sẵn sàng chấp nhận nó.

Bởi vậy, xuyên suốt cuốn sách là một cách tiếp cận theo hệ thống và chuỗi giá trị: bắt đầu từ nhu cầu thực tế, đi qua lựa chọn phương tiện và công nghệ, dữ liệu và hạ tầng, an toàn và quản trị rủi ro, đến các lĩnh vực ứng dụng, mô hình kinh doanh, hiệu quả kinh tế, con đường thương mại hóa, chính sách và khuôn khổ pháp lý. Mục tiêu cuối cùng không phải trả lời câu hỏi "công nghệ nào hiện đại nhất?", mà là câu hỏi thực tế hơn: công nghệ nào phù hợp, tạo ra giá trị gì, ai trả tiền cho giá trị đó, điều kiện nào để vận hành được và Nhà nước cần tổ chức không gian này ra sao?

Đối với Việt Nam, vấn đề này càng đáng quan tâm. Chúng ta có nhu cầu rất lớn trong nông nghiệp, lâm nghiệp, logistics, kiểm tra hạ tầng, quản lý đô thị, tài nguyên – môi trường, phòng chống thiên tai và nhiều dịch vụ công. Đồng thời, đây cũng là lĩnh vực đang hình thành, nơi vị thế của các quốc gia chưa được định hình rõ. Điều đó mở ra cơ hội tham gia không chỉ với tư cách người mua thiết bị, mà còn ở các lớp tích hợp hệ thống, phần mềm, dữ liệu, dịch vụ, vận hành, hạ tầng và những mô hình kinh doanh mới. Và chúng ta không bắt đầu từ con số không. Ở đồng bằng sông Cửu Long, theo các ước tính được nêu tại những diễn đàn đầu tháng 10/2026, có từ 6.000 đến 10.000 UAV nông nghiệp đang phun thuốc, rải phân, sạ lúa,[88, 97] số lượng UAV này tăng lên chủ yếu nhờ nhu cầu và nguồn vốn của nông hộ, hợp tác xã. Đã có doanh nghiệp Việt Nam bán cấu phần và tải trọng UAV ra nhiều thị trường nước ngoài, và đã có địa phương tổ chức thử nghiệm có kiểm soát. Việc cần làm vì thế không chỉ là xây thêm những gì chưa có, mà trước hết là tổ chức những gì đã có thành một nền kinh tế có chuẩn mực, có dữ liệu và có trách nhiệm.

Tuy nhiên, cơ hội chỉ có ý nghĩa khi tránh được hai thái cực. Một bên là sự kỳ vọng quá mức, coi kinh tế tầm thấp như một "làn sóng" mà chỉ cần đầu tư thật nhanh là có thể tạo ra thị trường. Bên kia là tư duy quản lý quá thận trọng, cố kiểm soát một không gian mới bằng những công cụ vốn được thiết kế cho một thế giới công nghệ khác. Cả hai đều có thể làm mất cơ hội. Điều cần thiết hơn là một cách tiếp cận thử nghiệm

có kiểm soát, quản trị dựa trên rủi ro, mở dần không gian theo năng lực thực tế và đo lường được kết quả.

Bảy phần của cuốn sách đi theo con đường ấy. Phần I xác lập đối tượng: khi nào những chuyến bay trở thành một không gian kinh tế, ai cùng tạo ra giá trị và các quốc gia tổ chức nó ra sao. Phần II xem độ tin cậy được tạo ra bằng phương tiện, dữ liệu, hạ tầng và các lớp kiểm soát rủi ro như thế nào. Phần III và Phần IV đi vào thị trường: bài toán của từng ngành, vị trí của doanh nghiệp, cách thu tiền, cách tính hiệu quả và con đường từ thử nghiệm đến hợp đồng. Phần V dành cho địa phương, Phần VI cho các nghĩa vụ pháp lý tại Việt Nam, và Phần VII cho những năng lực quốc gia cần tích lũy trước một tương lai còn nhiều bất định.

Cuốn sách được viết cho nhiều nhóm độc giả: doanh nghiệp đang tìm kiếm vị trí của mình trong chuỗi giá trị; lãnh đạo địa phương muốn hiểu nên bắt đầu từ đâu; cán bộ quản lý cần một bức tranh tổng thể để xây dựng chính sách; cũng như các nhà nghiên cứu, giảng viên, sinh viên và những người quan tâm đến một lĩnh vực đang hình thành rất nhanh.

Chúng tôi cố gắng giữ một nguyên tắc xuyên suốt: nhìn xa nhưng không xa rời thực tế; nói rõ nhưng không đơn giản hóa quá mức; đề xuất những điều có thể làm được và khi có thể, phải đo được. Những công nghệ, mô hình và quy định trong lĩnh vực này còn tiếp tục thay đổi. Vì thế, thay vì đặt trọng tâm vào những thông số có thể nhanh chóng lỗi thời, cuốn sách ưu tiên các khung tư duy, mối quan hệ hệ thống và những câu hỏi mà doanh nghiệp cũng như cơ quan quản lý sẽ còn phải đối mặt trong nhiều năm tới.

Nếu cuốn sách giúp người đọc chuyển từ câu hỏi "UAV có thể làm gì?" sang câu hỏi lớn hơn "Chúng ta sẽ tổ chức không gian tầm thấp như thế nào để biến năng lực công nghệ thành giá trị kinh tế – xã hội bền vững?", thì mục tiêu quan trọng nhất của những người viết đã đạt được.

Những quan điểm, nhận định và kết quả nghiên cứu trình bày trong cuốn sách này là của riêng các tác giả. Chúng không đại diện cho quan

điểm hay phát ngôn chính thức của cơ quan, tổ chức nơi các tác giả công tác, và không nhất thiết phản ánh quan điểm của Nhà xuất bản.

Xin trân trọng cảm ơn!

CÁC TÁC GIẢ

CÁCH ĐỌC CUỐN SÁCH

Cuốn sách có thể đọc từ đầu đến cuối, như một lập luận đi dần từ chiếc UAV tới một không gian kinh tế; người đọc cũng có thể vào thẳng phần mình cần. Phần hướng dẫn này giúp người đọc lựa chọn cách đọc phù hợp.

1. Bảy phần, hai mươi ba chương

Mỗi chương mở bằng một tình huống, nêu câu hỏi của chương rồi khép bằng mục Kết chương. Kết chương thường để lại một câu hỏi, và chương sau bắt đầu từ đó; vì vậy, đọc liền các chương trong một phần sẽ dễ theo mạch hơn.

Phần	Chương	Câu hỏi chính
I. Hiểu đúng về kinh tế tầm thấp	1–3	Khi nào các chuyến bay thành một không gian kinh tế? Ai tạo ra giá trị? Các nước tổ chức nó ra sao?
II. Công nghệ và hạ tầng	4–7	Phương tiện, dữ liệu, hạ tầng và các lớp kiểm soát rủi ro tạo ra độ tin cậy thế nào?
III. Thị trường và bài toán ứng dụng	8–11	Ở từng ngành, khi nào UAV làm tốt hơn cách đang làm?
IV. Doanh nghiệp tham gia thị trường	12–15	Đứng ở đâu, thu tiền thế nào, tính hiệu quả ra sao, đi từ thử nghiệm tới hợp đồng bằng cách nào?
V. Cẩm nang cho địa phương	16–18	Thử việc gì trước, theo mô hình nào, đo gì để quyết định dừng hay làm tiếp?
VI. Pháp lý và thủ tục tại Việt Nam	19–21	Một hoạt động bay hợp pháp phải qua những lớp điều kiện nào, việc gì làm vào lúc nào?
VII. Tương lai	22–23	Việt Nam cần tích lũy năng lực nào, và nên theo dõi những chuyển dịch nào?

2. Các khung dùng xuyên sách

Một số khung được dựng một lần rồi dùng lại ở nhiều chương. Đó là khung phân tích của các tác giả, không phải định luật.

Khung	Giới thiệu ở	Giúp trả lời câu hỏi
Chuỗi chuyển hóa	Ch1, Hình 1.5	Giá trị đang nằm ở khâu nào: phương tiện, nhiệm vụ, dữ liệu và kết quả, dịch vụ hay hệ thống?
Bốn cơ chế kinh tế	Ch1, Hộp 1.2	Mật độ, bảo chứng, phân bổ rủi ro hay lệch vai đang quyết định bài toán?

Khung	Giới thiệu ở	Giúp trả lời câu hỏi
Thang tư cách đầu ra	Ch5, Hình 5.2	Đầu ra là dữ liệu thô, sản phẩm dữ liệu, kết luận chuyên môn hay quyết định và hành động? Ai ký ở bậc ấy?
Thẻ bài toán bảy ô	Ch8, Hình 8.2	Bài toán đã được gọi đúng tên chưa, trước khi chọn phương tiện?
Phương pháp nền, kết quả được chấp nhận	Ch8, hai ô đầu của thẻ	Hơn cách đang làm ở điểm nào? Người dùng cần nhận gì, thế nào là đạt?
Bốn vai	Ch8, bốn ô giữa của thẻ	Người dùng, người hưởng lợi, người trả tiền và người chịu tác động có phải là một?
Năm lối ra	Ch18, Hình 18.1	Sau phép thử: dừng, thiết kế lại, thử thêm, tiếp tục trong phạm vi đã chứng minh hay chuyển giai đoạn?

3. Những nhân vật đi qua nhiều chương

Một số câu chuyện được kể tiếp qua nhiều chương, để người đọc thấy cùng một bài toán được xem xét khác nhau như thế nào khi đi từ công nghệ sang hợp đồng, rồi sang thủ tục.

Nhân vật, tình huống	Chương	Mạch theo dõi
Người thanh niên phun thuốc thuê	1, 2, 8, 14, Kết luận	Từ hóa đơn cuối năm tới hợp đồng 400 hecta và điểm hòa vốn
Công ty truyền tải điện	4, 5, 6, 9, 13–15, 21	Từ chọn phương tiện cho cột vượt sông tới hợp đồng ba năm với bên mua
Doanh nghiệp kiểm tra tài sản	12–15, 19–21	Chọn vị trí lõi, chào giá, thí điểm; rồi hợp đồng mười bốn cây cầu
Tỉnh trung du và miền núi phía Bắc	16–18, mở đầu 19	Phó Chủ tịch chọn việc thử trước; tuyến chở thuốc của Sở Y tế; báo cáo tổng kết
Điện Biên (có thật)	15–18, 22, 23	Chương trình thử nghiệm có kiểm soát; tuyến chở cà phê ở Mường Ảng

4. Đọc theo vai

Bảng dưới gợi ý chương nên đọc trước, đọc tiếp và công cụ nên mở cùng. Chương 1, 5 và 8 đáng đọc sớm, vì phần lớn các khung được dựng ở đó.

Vai	Đọc trước	Đọc tiếp	Công cụ
Lãnh đạo, cơ quan địa phương	Ch16, 17, 18	Ch1, 8, 10, 15	CC1, CC2
Doanh nghiệp, đội bay	Ch12, 13, 14, 15	Ch2, 4, 5, 20	CC2, CC5; đội bay thêm CC3, CC4

Vai	Đọc trước	Đọc tiếp	Công cụ
Cơ quan quản lý, người làm pháp lý	Ch19, 20, 21	Ch3, 6, 7	CC4, CC3
Nhà đầu tư, nhà nghiên cứu	Ch1, 2, 3	Ch12, 14, 22, 23	CC2, CC5

Năm công cụ CC1–CC5 nằm ở Phụ lục 1. Mỗi công cụ đều ghi chương liên quan để người đọc tra cứu khi cần.

5. Quy ước

- Hộp câu hỏi. Nhiều chương có một hộp gom những câu cần trả lời trước khi chọn, mua, thuê, ký hay mở rộng. Hộp không đưa ra đáp án; nó cho biết còn thiếu gì.

- Tình huống tổng hợp. Các công ty, cuộc họp và nhân vật không nêu tên tổ chức có thật (kể cả Tuấn, chị Ngân) là tình huống tổng hợp của các tác giả; số liệu gắn với chúng là giả định minh họa. Tổ chức có thật, mốc pháp lý và số liệu có trích nguồn lấy từ tài liệu đã dẫn.

- Trích dẫn. Chỉ số [n] trỏ tới tài liệu cùng số trong Phụ lục 2; văn bản pháp luật được gọi tên trong câu, không đánh số.

- Mốc thông tin. Văn bản pháp luật ở Phần VI được đối chiếu đến ngày 18/10/2026; các thông tin khác cập nhật đến tháng 10/2026. Trước khi làm thủ tục, hãy kiểm lại văn bản đang có hiệu lực.

6. Tài liệu tham khảo trực tuyến

Phụ lục 2 ghi mỗi tài liệu một dòng, không ghi đường dẫn. Quét mã QR dưới đây hoặc truy cập kinhtetamthap.vn/qr/kttt/res để xem thông tin đầy đủ, đường dẫn tới từng nguồn, bảng văn bản pháp luật được dẫn và các cập nhật sau khi sách in. Số [n] trên trang khớp với số trong sách.

PHẦN I
HIỂU ĐÚNG VỀ KINH TẾ TẦM THẤP

CHƯƠNG 1. TỪ CHIẾC DRONE ĐẾN MỘT KHÔNG GIAN KINH TẾ MỚI

Sáu giờ mười lăm phút, vào một buổi sáng tháng Tư, hai chiếc UAV cùng rời mặt đất ở hai nơi cách nhau chưa đầy 40 cây số.

Chiếc thứ nhất cất cánh trước ống kính của một buổi lễ. Khu vực cất cánh đã được chuẩn bị từ chiều hôm trước, tổ kỹ thuật đã bay thử hai lần để bảo đảm mọi việc diễn ra suôn sẻ. Phương tiện lên cao, bay hết tuyến đường đã lập, ghi hình toàn cảnh vùng chuyên canh rồi hạ xuống sau mười một phút giữa tiếng vỗ tay. Tối hôm đó, bản tin địa phương giới thiệu sự kiện như một dấu mốc chuyển đổi số trong nông nghiệp. Sáng hôm sau, chiếc UAV được lau sạch, xếp vào thùng và đưa về kho.

Chiếc thứ hai cất cánh từ một bờ mương, không ai quay phim. Người điều khiển là một thanh niên 27 tuổi. Anh từng làm thợ điện, tham gia khóa đào tạo rồi về nhận phun thuê cho các hộ trong xã. Đây là chuyến thứ 208 của anh trong vụ này. Anh đã tính số lượt bay, số lần thay pin và diện tích cần phun trong ngày. Cuối tuần, anh được trả tiền theo số hecta đã phun. Trong điện thoại, anh lưu ranh giới từng thửa, những chỗ có cây cao, đoạn đường dây điện cắt ngang cánh đồng và danh sách các hộ đã hẹn lịch tuần sau.[1]

Nếu chỉ nhìn hai chiếc UAV đang bay, khó thấy hết sự khác biệt giữa hai chuyến bay này. Nhưng xét về kinh tế, chuyến thứ hai đã gắn với khách hàng, đơn giá, chi phí dự tính và lịch làm việc để tiếp tục. Chuyến thứ nhất mới chứng minh một khả năng công nghệ; chuyến thứ hai cho thấy một thị trường đang hình thành (Hình 1.1).

---

[1] *Ghi chú: đây là tình huống tổng hợp của các tác giả, không mô tả một người hay một địa phương cụ thể.*

Cần thừa nhận chuyến bay trong buổi lễ cũng có giá trị: nó cho thấy phương tiện có thể bay theo lộ trình dự kiến và có sự quan tâm của địa phương. Nhiều dịch vụ ổn định hôm nay từng bắt đầu từ một lần bay thử như thế. Câu hỏi khó hơn là sau buổi lễ, ai sẽ bay tiếp, bay để làm gì và ai trả tiền cho lần bay sau.

Phía sau chuyến bay ở bờ mương là nhiều yếu tố mà người ngoài không nhìn thấy được: thỏa thuận với từng hộ và cách tính tiền, dữ liệu ranh giới thửa, một người đã được đào tạo, một chiếc máy được bảo dưỡng, những quy định về nơi được bay và việc xác định ai chịu trách nhiệm nếu có sự cố. Hai chiếc UAV có thể mua cùng tháng, cùng giá; điểm khác là chiếc thứ hai đã được gắn với một nhu cầu, một người sử dụng và một cách tổ chức giúp hoạt động có thể tiếp tục.



Hình 1.1. Minh họa hai chuyến bay, hai giá trị kinh tế

Ảnh dựng theo mô tả của các tác giả và được tạo bởi công cụ AI

Từ hai chuyến bay ấy, chương này đặt ra câu hỏi dẫn đường: *khi nào một tập hợp các chuyến bay trở thành một không gian kinh tế?*

Chỉ liệt kê các loại UAV hoặc đếm số ngành ứng dụng chúng thì chưa thể trả lời câu hỏi ấy. Để trả lời, cần nhìn vào quá trình chuyển hóa:

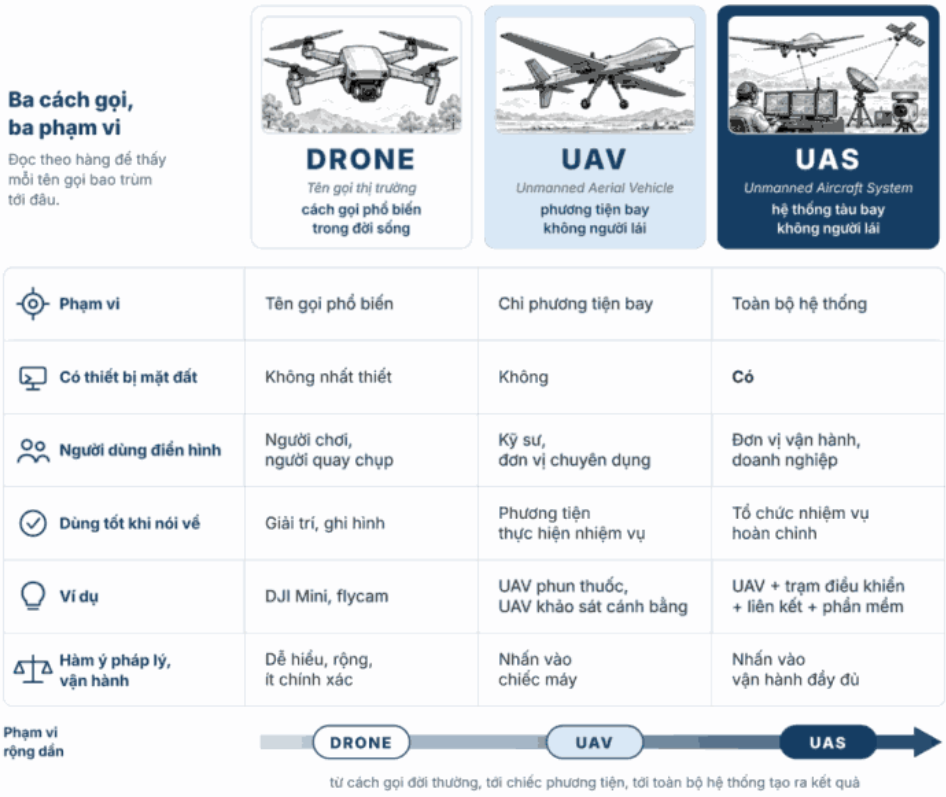
từ phương tiện được đưa vào nhiệm vụ, qua kết quả có người sử dụng, đến dịch vụ có thể lặp lại và một hệ thống hoạt động có tổ chức. Quá trình ấy diễn ra trong vùng trời được quản lý và dựa trên bốn nhóm điều kiện nền (xem mục 5).

1. Từ drone đến tàu bay không người lái

Trong đời sống hằng ngày, "drone" là tên gọi phổ biến của phương tiện bay không người lái. "Flycam" thì hẹp hơn, thường chỉ các thiết bị bay cỡ nhỏ gắn camera để quay, chụp từ trên cao. Nhưng cách gọi phổ biến không phải lúc nào cũng đủ chính xác. Một phương tiện phun thuốc bảo vệ thực vật, đo địa hình bằng laser, kiểm tra mối nối trên cột điện hay vận chuyển mẫu bệnh phẩm không thể chỉ được mô tả bằng chức năng quay, chụp. Gọi tất cả là "flycam" dễ dẫn đến nhầm lẫn, từ mua sai thiết bị đến hiểu sai nghĩa vụ pháp lý. Trong hệ thống văn bản pháp luật Việt Nam, thuật ngữ pháp lý được sử dụng là **tàu bay không người lái**. Đây là thuật ngữ được Luật Phòng không nhân dân năm 2024 định nghĩa, chỉ phương tiện bay mà việc điều khiển, duy trì hoạt động của chuyến bay không cần có sự điều khiển trực tiếp của người lái trên phương tiện bay đó.

Cuốn sách dùng chữ viết tắt UAV (Unmanned Aerial Vehicle) khi nói về phương tiện và dùng cách gọi tiếng Việt ở những chỗ cần nhấn mạnh tính pháp lý. Từ "drone" chủ yếu xuất hiện khi mô tả cách nói của thị trường. Một phân biệt quan trọng khác là **hệ thống tàu bay không người lái** (Unmanned Aircraft System – **UAS**), có phạm vi rộng hơn UAV: ngoài chiếc UAV, hệ thống còn có trạm điều khiển, liên kết thông tin, phần mềm và những cấu phần cần thiết để tổ chức, điều khiển hoặc duy trì hoạt động (Hình 1.2).

Một chiếc UAV như trong cảnh mở đầu có thể đã hoàn thành đường bay và trở về đúng vị trí. Nhưng nếu dữ liệu không được xử lý, hoặc thuốc không được phun đúng thửa, đúng liều lượng và thời điểm thì nhiệm vụ vẫn chưa hoàn thành. Nhìn thấy một chiếc UAV không có nghĩa là đã nhìn thấy toàn bộ hệ thống tạo ra kết quả.



Hình 1.2. Phân biệt nhanh các khái niệm DRONE, UAV, UAS

Nguồn: Tổng hợp của các tác giả

Cấu hình, trọng lượng và thông số của từng loại phương tiện sẽ được bàn ở Chương 4. Ở đây chỉ cần nhớ rằng: **UAV là phương tiện để thực hiện nhiệm vụ, còn kết quả do cả một hệ thống tạo ra**.

2. Khi hoạt động bay trở thành hoạt động kinh tế

Khi chiếc UAV còn đắt, hiếm và khó dùng, câu hỏi tự nhiên chỉ tập trung vào nó: bay cao bao nhiêu, bay lâu bao nhiêu, mang được gì. Khi pin, hệ thống định vị, cảm biến và bộ điều khiển trở nên dễ tiếp cận, người ta bắt đầu hỏi nó làm được việc gì. Người nông dân trả tiền cho diện tích được xử lý đạt yêu cầu, chứ không phải 15 phút bay. Cùng lúc đó, nhờ có công nghệ định vị và phần mềm, chuyến bay có thể được lập kế hoạch, ghi và lặp lại. Sáng mai người thanh niên sẽ không phải bắt

đầu từ đầu, vì tuyến bay, yêu cầu của khách hàng, vật cản và lịch sử làm việc đã được lưu thành dữ liệu để sử dụng lại.

Từ đó có thể nói, một hoạt động bay bắt đầu mang tính kinh tế khi hội đủ ba điều: (i) giải quyết một nhu cầu cụ thể và tạo ra kết quả cho người sử dụng; (ii) có người trả tiền hoặc bố trí nguồn lực cho hoạt động đó; (iii) có thể lặp lại trong những điều kiện tương tự, với chi phí, chất lượng và trách nhiệm đủ rõ. Một lần bay thành công chỉ chứng minh phương tiện có thể hoàn thành chuyến bay ấy. Một dịch vụ bay đều đặn qua cả một vụ lúa thì mới cho thấy nhiều yếu tố đã được nối thành một chuỗi tạo ra giá trị.[2]

Chuyến bay trước ống kính dừng lại ngay ở bước đầu tiên: có phương tiện và nhiệm vụ, nhưng chưa cho thấy kết quả được sử dụng để giải quyết một nhu cầu cần lặp lại. Chuyến bay ở bờ mương đã đi được xa hơn thế. Cuốn sách gọi con đường ấy là *chuỗi chuyển hóa*, đi từ phương tiện qua nhiệm vụ, kết quả, dịch vụ tới hệ thống. Mục 6 sẽ phân tích giá trị kinh tế được tạo ra ở những khâu nào của chuỗi.

Cũng từ đó, theo cách tiếp cận của các tác giả, kinh tế tầm thấp là *hệ thống các hoạt động kinh tế dựa trên việc khai thác có tổ chức không gian tầm thấp, phương tiện bay, hạ tầng, dữ liệu và các dịch vụ liên quan để tạo ra kết quả có giá trị cho người sử dụng*. Đây là định nghĩa phục vụ lập luận của các tác giả, chưa phải định nghĩa pháp lý hoặc định nghĩa được quốc tế áp dụng chính thức; khái niệm này vẫn đang hình thành và mỗi quốc gia nhấn vào những khía cạnh khác nhau của nó.

Cuốn sách sử dụng "kinh tế tầm thấp" làm tên gọi rút gọn, theo cách gọi đã xuất hiện trong Nghị quyết số 79-NQ/TW năm 2026 của Bộ Chính trị và Nghị quyết số 29/NQ-CP năm 2026 của Chính phủ.[1, 3] Tên gọi đầy đủ "kinh tế không gian tầm thấp" – cũng là cách gọi được dùng trong Kết luận số 99-KL/TW ngày 28/9/2026 của Bộ

[2] Trong hoạt động công ích, người trực tiếp sử dụng kết quả và cơ quan bố trí kinh phí có thể là hai chủ thể khác nhau.

Chính trị[2] – được dùng ở tên sách và những chỗ cần nhấn mạnh chiều không gian của khái niệm; hai cách gọi chỉ cùng một đối tượng.

Những chủ thể tham gia vào kinh tế tầm thấp gồm người sản xuất phương tiện, thiết bị; người trực tiếp thực hiện nhiệm vụ phun, khảo sát, kiểm tra hoặc vận chuyển; và những đơn vị bảo đảm điều kiện cho hoạt động bay, từ hạ tầng, kết nối, khí tượng tới bảo dưỡng, đào tạo, bảo hiểm. Một lần quay phim bằng UAV có thể chỉ cần một người và một chiếc máy; nhưng một mạng lưới kiểm tra đường dây tải điện trên nhiều tỉnh còn cần hạ tầng và cơ chế điều phối. Cách tổ chức phù hợp với mười chuyến bay có thể không còn đáp ứng được khi số chuyến tăng lên hàng trăm. Chương 2 sẽ vẽ bản đồ đầy đủ của những chủ thể này.

HỘP 1.1. HIỂU ĐÚNG – UAV, UAS VÀ KINH TẾ TẦM THẤP

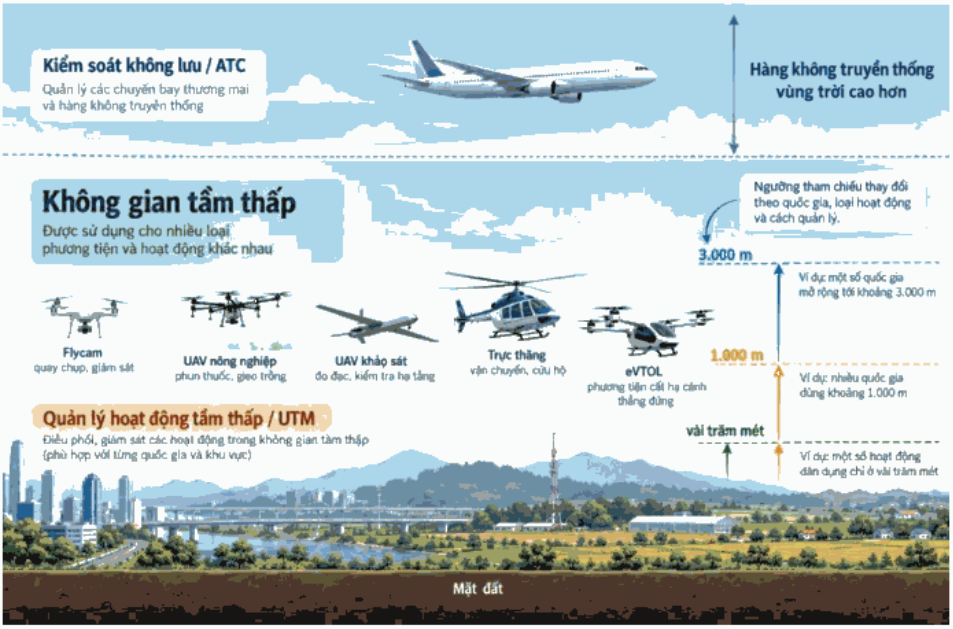
UAV chỉ phương tiện bay. UAS là hệ thống rộng hơn, gồm phương tiện, trạm điều khiển, liên kết thông tin, phần mềm và các cấu phần cần thiết khác. Văn bản pháp luật Việt Nam dùng cách gọi tàu bay không người lái.

Kinh tế tầm thấp chỉ xuất hiện khi phương tiện được đưa vào những nhiệm vụ tạo ra kết quả có giá trị, với sự hỗ trợ của con người, dữ liệu, hạ tầng, dịch vụ và cơ chế quản lý. Đếm số UAV vì thế không đo được mức phát triển của kinh tế tầm thấp, cũng như đếm số xe tải không đo được năng lực logistics của một quốc gia.

3. "Tầm thấp" là một vùng trời được tổ chức

Cụm từ "tầm thấp" khiến người ta hình dung ngay một đường kẻ độ cao. Dưới bao nhiêu là tầm thấp, trên bao nhiêu là hàng không truyền thống? Nhưng không có một con số đúng cho mọi quốc gia và mọi loại hoạt động. Các quốc gia dùng những ngưỡng khác nhau: có nơi vài trăm mét, có nơi 1.000 mét, có nơi tới 3.000 mét (Hình 1.3).

Pháp luật Việt Nam hiện hành cũng không xác định vùng trời tầm thấp bằng một ngưỡng độ cao, mà đặt yêu cầu theo loại hoạt động, khu vực và thẩm quyền. Vì vậy sách sẽ không lấy mốc độ cao nào làm định nghĩa chung; khi cần nêu một con số, sách sẽ ghi kèm văn bản và phạm vi áp dụng.



Hình 1.3. Minh họa vùng trời tầm thấp – không có ngưỡng cố định

(các ngưỡng chỉ có tính tham chiếu; cách xác định phụ thuộc vào bối cảnh pháp lý và mục đích sử dụng)

Điều quan trọng hơn đường ranh độ cao là cách vùng trời ấy được tổ chức. Phương tiện không bay trong khoảng không trừu tượng mà bay trên những địa hình cụ thể, gần nhà dân, đường dây điện, cần cẩu và những khu vực nhạy cảm. Một tuyến dài hai cây số vẫn phải tính tới vật cản, gió, khả năng giữ liên lạc và cách xử lý khi mất tín hiệu.

Cuốn sách dùng cách gọi **vùng trời tầm thấp**, cũng là cách gọi của Nghị quyết số 29/NQ-CP, để chỉ phần vùng trời ở độ cao thấp được xem xét tổ chức, quản lý và khai thác cho các hoạt động bay. Khi bàn về phân loại vùng trời, sách dùng "vùng trời có kiểm soát" và "vùng trời không có kiểm soát" theo cách dùng của ngành hàng không Việt Nam. Chữ "không có kiểm soát" dễ bị hiểu nhầm là không ai quản lý. Thực ra, cách phân loại này nói về chế độ cung cấp dịch vụ không lưu; hoạt động bay ở đó vẫn phải tuân thủ các quy định về cấp phép, quy tắc bay, thông tin và an toàn.

Tại Việt Nam, khung pháp lý cho hoạt động của tàu bay không người lái hiện dựa trên Luật Phòng không nhân dân năm 2024 và các văn bản hướng dẫn, trong đó có Nghị định số 288/2025/NĐ-CP về quản lý tàu bay không người lái và phương tiện bay khác. Nguyên tắc chung là hoạt động bay phải được cấp phép, trừ các trường hợp được miễn theo quy định, và thẩm quyền cấp phép thuộc cơ quan quân sự. Thủ tục, hồ sơ và các tình huống cụ thể được trình bày ở Phần VI.

Đến đây, không gian vật lý trở thành một phần của hoạt động kinh tế: quyền tiếp cận vùng trời là một điều kiện của mô hình kinh tế tầm thấp, bên cạnh phương tiện và người điều khiển, và phải được tính đến trước khi mua thiết bị. Khi các bên không biết rõ mình được làm gì, ai giám sát và ai chịu trách nhiệm, phương tiện vẫn có thể bay về mặt kỹ thuật nhưng khó trở thành một dịch vụ thường xuyên.

4. Kinh tế tầm thấp và những ranh giới cần vạch rõ

Kinh tế tầm thấp liên quan tới nhiều lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật, nên cần vạch rõ ranh giới với các lĩnh vực ấy để tránh hai thái cực: thu hẹp nó vào riêng ngành chế tạo phương tiện bay hoặc mở rộng nó thành tên gọi mới của cả ngành hàng không. Trong các ranh giới đó, có ranh giới thì khá rõ ràng nhưng cũng có ranh giới khó phân định hơn.

a) Với công nghiệp UAV

Công nghiệp UAV là phần dễ nhận ra nhất của kinh tế tầm thấp. Lĩnh vực này bao gồm nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và tích hợp phương tiện, hệ điều khiển, động lực, cảm biến, tải trọng. Năng lực ở khâu này quyết định chất lượng, giá thành và mức tự chủ công nghệ.

Nhưng hãy hình dung một địa phương mua bốn chiếc UAV phục vụ giám sát vùng sản xuất. Ngân sách được giải ngân, máy được bàn giao, một lớp tập huấn được mở. Để bốn chiếc máy được dùng thường xuyên, còn phải trả lời ai vận hành, bay theo lịch nào, ai đọc dữ liệu, tiền thay pin, bảo dưỡng máy lấy từ đâu, ai chịu trách nhiệm khi có sự

cố. Nếu những việc ấy chưa được tổ chức, phương tiện có nguy cơ nằm trong kho giữa những lần trình diễn, như chiếc ở đầu chương.

Công nghiệp UAV có thể tồn tại như một ngành sản xuất độc lập, bán phương tiện cho nhiều thị trường, kể cả thị trường nước ngoài. Kinh tế tầm thấp cần thêm quan hệ cung cầu xoay quanh các hoạt động bay: có người cần kết quả, có người cung cấp dịch vụ, có hạ tầng hỗ trợ, có cơ chế cho nhiều hoạt động cùng diễn ra.

Từ đó rút ra hai hệ quả ngược chiều nhau. Một quốc gia có năng lực chế tạo UAV mạnh chưa đương nhiên có nền kinh tế tầm thấp phát triển. Ngược lại, một thị trường có thể hình thành dịch vụ UAV sôi động dù chưa tự sản xuất được phần lớn phương tiện và linh kiện. Hai hướng phát triển có yêu cầu khác nhau về mức độ tự chủ và khả năng duy trì hoạt động. Sự khác biệt ấy cho thấy vì sao sản xuất phương tiện và tổ chức hoạt động kinh tế không phải là một.

Có thể nói, công nghiệp UAV tạo ra phương tiện còn kinh tế tầm thấp nối phương tiện vào nhiệm vụ, dữ liệu, dịch vụ, hạ tầng, người sử dụng và thị trường.

b) Với hệ thống hàng không và giao thông

Các ranh giới này tương đối khó phân định. **Với hàng không truyền thống,** hoạt động mới chủ yếu bổ sung cho hệ thống hiện có, chứ không thay thế hoàn toàn. Hàng không truyền thống được tổ chức để kết nối các điểm ở khoảng cách lớn, dựa trên sân bay, đường bay, điều hành và tiêu chuẩn an toàn đã hình thành qua nhiều thập kỷ. Hoạt động tầm thấp mở thêm những nhiệm vụ phân tán, cự ly ngắn, chặng đầu hoặc chặng cuối của hành trình, cũng như phục vụ những điểm mà vận tải hàng không thông thường không vươn tới. Kinh tế tầm thấp vì thế không tách rời hàng không, nhưng cũng không chỉ là một mảnh nhỏ của hàng không truyền thống: số lượng nhiệm vụ, mức độ phân tán, số hóa và sự tham gia của nhiều ngành ngoài hàng không tạo ra một cấu trúc kinh tế khác.

Với hàng không chung (General aviation – GA), quan hệ phức tạp hơn. Hàng không chung là thuật ngữ đã được pháp lý hóa trong Luật Hàng không dân dụng Việt Nam năm 2025. Một số tài liệu xem kinh tế tầm thấp theo hướng gần với phạm vi của hàng không chung. Tuy nhiên, cuốn sách không đồng nhất hai khái niệm này. Theo cách tiếp cận của các tác giả, hàng không chung là một lĩnh vực có phần giao thoa với kinh tế tầm thấp, trong khi kinh tế tầm thấp được xem xét trong phạm vi rộng hơn, không chỉ giới hạn ở các hoạt động thuộc hàng không chung mà còn bao gồm những hoạt động kinh tế gắn với thiết bị bay không người lái (UAV), phương tiện cất, hạ cánh thẳng đứng bằng điện (eVTOL), cùng hạ tầng số, nền tảng quản lý, dữ liệu và các dịch vụ hình thành quanh hoạt động bay. Đây là một lựa chọn của cuốn sách nhằm phục vụ mục đích nghiên cứu, không hàm ý rằng mọi hệ thống pháp luật đều phân định như vậy.

Với các mô hình giao thông mới, cần tách tên phương tiện khỏi tên hệ thống. eVTOL chỉ nhóm phương tiện cất, hạ cánh thẳng đứng sử dụng động lực điện. **Giao thông hàng không đô thị – UAM** là hệ thống phương tiện, hạ tầng, quản lý bay và dịch vụ phục vụ di chuyển trong đô thị và vùng phụ cận; **UAM** nằm trong khái niệm rộng hơn là giao thông hàng không tiên tiến – **AAM**. **"Taxi bay"** là tên một dịch vụ; **"ô tô bay"** chỉ nên dùng cho phương tiện thực sự có khả năng hoạt động cả trên đường bộ. Hình ảnh taxi bay và ô tô bay xuất hiện nhiều trên truyền thông nhưng không đại diện cho toàn bộ kinh tế tầm thấp: nông nghiệp, kiểm tra công trình, đo đạc, cứu hộ, quan trắc và nhiều hoạt động khác không thuộc giao thông đô thị (Hình 1.4).

Với giao thông thông minh, điểm nối nằm ở dữ liệu, kết nối và điều phối. Giao thông thông minh tổ chức dòng người, hàng hóa và phương tiện bằng cảm biến, dữ liệu và tự động hóa; kinh tế tầm thấp bổ sung thêm một tầng di chuyển trên không. Hoạt động bay chỉ phát huy giá trị đầy đủ khi kết nối được với đường bộ, trung tâm logistics, dịch vụ khẩn cấp và dữ liệu đô thị. Một chuyến giao hàng bằng UAV có thể rất

nhanh trên đoạn đường bay, nhưng giá trị chỉ hiện ra khi đặt đoạn bay trong toàn bộ hành trình của kiện hàng.



Hình 1.4. Một số lĩnh vực ứng dụng trong kinh tế tầm thấp

Kinh tế tầm thấp vì thế là một vùng giao thoa mới, kế thừa nhiều yếu tố từ hàng không, giao thông và kinh tế số, nhưng không thay thế cho lĩnh vực nào trong số đó và chỉ phát triển bền vững khi những điều kiện riêng được đáp ứng.

5. Bốn nhóm điều kiện hình thành nền kinh tế tầm thấp

Có UAV là điều kiện cần để bay. Có hoạt động bay chưa đủ để có dịch vụ. Có vài dịch vụ riêng lẻ chưa đủ để có thị trường. Và có một thị trường ban đầu chưa chắc đã đủ để mở rộng an toàn. Mỗi bước mở rộng đòi hỏi những điều kiện tổ chức mà bước trước chưa nhất thiết cần. Cuốn sách gom chúng thành bốn nhóm và dùng làm cơ sở phân tích cho tất cả các chương sau.

Thể chế và quản lý vùng trời. Nhóm này trả lời các câu hỏi: ai được phép hoạt động ở đâu, trong điều kiện nào và ai chịu trách nhiệm. Với một chuyến bay đơn lẻ, cơ quan quản lý có thể giải quyết theo từng vụ việc. Nhưng khi số chuyến bay tăng lên, cách quản lý này phải đủ rõ để doanh nghiệp dự tính được chi phí và thời gian, nhà đầu tư định lượng được rủi ro, và cơ quan quản lý giám sát được hoạt động ngày

càng đa dạng. Cơ chế thử nghiệm có kiểm soát là một công cụ có thể được dùng ở giai đoạn này; Chương 16 và 18 sẽ bàn kỹ về cơ chế đó.

Hạ tầng vật lý và hạ tầng số. Một chuyến bay có thể cất cánh từ bờ ruộng; nhưng một mạng lưới bay thường xuyên không thể chỉ dựa vào điểm cất cánh tạm thời như vậy. Phương tiện cần điểm cất hạ cánh, nguồn năng lượng, nơi bảo dưỡng; các bên tham gia cần có hệ thống kết nối, định vị, bản đồ và công cụ giám sát. Khi nhiều phương tiện cùng hoạt động, thiếu dữ liệu về vùng trời và trạng thái phương tiện sẽ khiến việc lập kế hoạch bay trở nên khó khăn hơn, đồng thời làm tăng rủi ro.

Công nghệ. Tải trọng, tầm bay, khả năng hoạt động trong các điều kiện thời tiết, chất lượng cảm biến và độ tin cậy của kết nối quyết định một nhiệm vụ có khả thi về kỹ thuật hay không. Nhưng hoạt động được trong một lần thử nghiệm chưa có nghĩa là đã sẵn sàng cung cấp dịch vụ, vốn đòi hỏi sự ổn định qua hàng trăm lần lặp, khả năng bảo trì, nhân lực thay thế khi cần và chi phí chấp nhận được. Nhiều dự án mắc lại ở khoảng cách giữa "bay được một lần" và "bay được mỗi ngày", không chuyển được từ thử nghiệm sang hoạt động thương mại.

Nhu cầu và thị trường. Một ứng dụng chỉ trở thành dịch vụ khi giải quyết được nhu cầu thực tế, có người dùng kết quả và có người sẵn sàng trả tiền. Một chiếc UAV làm được nhiều loại nhiệm vụ, nhưng chỉ một số nhiệm vụ có nhu cầu đủ lớn, đủ thường xuyên và lợi ích đủ rõ để trở thành dịch vụ.

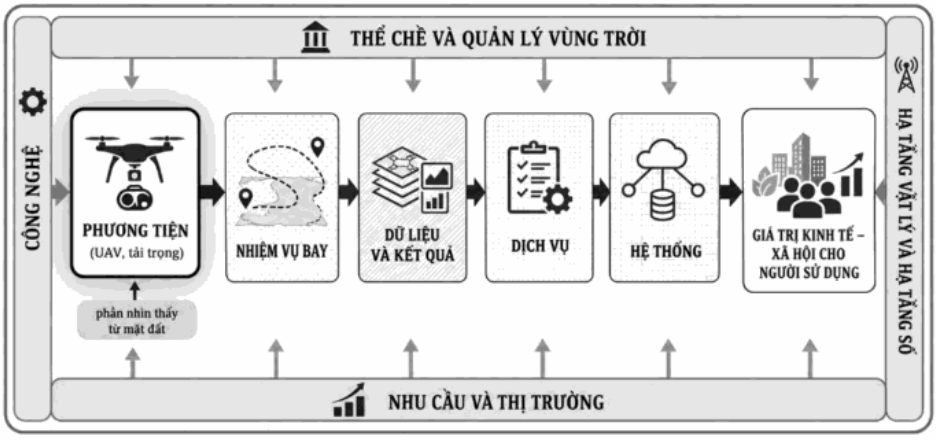
Bốn nhóm này ràng buộc lẫn nhau. Thể chế rõ mà thiếu nhu cầu thì không có thị trường; công nghệ tốt mà thiếu hạ tầng thì không mở rộng được; hạ tầng sẵn có mà không có dịch vụ thì hạ tầng có nguy cơ không được khai thác hiệu quả.

Với một doanh nghiệp hay một địa phương, bốn nhóm điều kiện này có thể chuyển thành bốn câu hỏi tự kiểm tra trước khi đầu tư: đã có căn cứ pháp lý chưa, đã có hạ tầng tối thiểu chưa, công nghệ đã đủ ổn

định cho đúng nhiệm vụ này chưa, đã có người dùng và người trả tiền chưa. Gặp một câu trả lời "chưa" không có nghĩa là phải dừng lại; câu trả lời ấy cho biết mắt xích nào cần giải quyết trước, và nên bắt đầu bằng một thử nghiệm hay đã có thể bàn tới một hợp đồng.

6. Giá trị thực sự được tạo ra ở đâu?

Đến đây câu chuyện về chiếc UAV chuyển thành câu chuyện về một nền kinh tế. Hình 1.5 đặt chuỗi chuyển hóa trên nền bốn nhóm điều kiện. Năm thành tố trong hình chính là năm khâu của chuỗi, cũng là năm chỗ giá trị kinh tế có thể được tạo ra; khâu kết quả được gọi đầy đủ là dữ liệu và kết quả.



Hình 1.5. Giá trị không nằm trong chiếc UAV: nó hình thành dọc chuỗi chuyển hóa và chỉ mở rộng được trên nền bốn nhóm điều kiện

Phương tiện là thành tố dễ thấy và dễ đếm nhất. Chế tạo, mua bán và cho thuê UAV đều tạo ra giá trị; một phương tiện tốt mang đúng tải, bay ổn định và làm giảm chi phí thực hiện nhiệm vụ. Vì dễ kiểm đếm, thành tố này cũng hay bị xem là quan trọng nhất.

Ở thành tố *nhiệm vụ*, khách hàng trả tiền cho việc tiếp cận được một vị trí, phủ được một diện tích, mang được một tải trọng mà cách khác khó làm trong cùng điều kiện. Người thanh niên được trả theo số hecta đã phun, không theo số phút bay. Thứ khách hàng trả tiền không còn là bản thân chiếc máy, mà là phần việc đã hoàn thành.

Ở thành *tố dữ liệu và kết quả,* giá trị bắt đầu hình thành khi camera và cảm biến ghi nhận hình ảnh, vị trí, nhiệt độ hay những tín hiệu khác. Nhưng dữ liệu được thu thập chưa tự nó tạo ra giá trị kinh tế. Một đơn vị quản lý lưới điện không cần một kho hình ảnh; họ cần biết vị trí nào có dấu hiệu bất thường để cử người đi kiểm tra trước. Giá trị chỉ xuất hiện khi dữ liệu dẫn tới một quyết định và một hành động. Chương 5 sẽ trở lại câu hỏi khi nào dữ liệu đủ tin cậy để làm việc đó.

Ở thành *tố dịch vụ*, thay vì tự mua UAV, tự lập đội bay hay tự xử lý dữ liệu, khách hàng thuê một đơn vị cung cấp dịch vụ trọn gói. Đơn vị này giao kết quả đều đặn và chịu trách nhiệm từ khâu lập kế hoạch, tổ chức bay đến xử lý dữ liệu và bàn giao. Khi quy trình đã ổn, cùng một loại việc có thể làm cho nhiều khách hàng ở nhiều nơi, và hoạt động bay bắt đầu có điều kiện phát triển thành một thị trường dịch vụ.

Thành tố hệ thống gồm hạ tầng dùng chung, kết nối, bản đồ, nền tảng quản lý, tiêu chuẩn và quy trình an toàn. Những thành phần này không trực tiếp phun thuốc trên ruộng, nhưng làm giảm chi phí phối hợp và cho phép nhiều bên cùng hoạt động trong một vùng trời. Một tổ bay nhỏ có thể tự sắp xếp từng chuyến; hàng nghìn hoạt động thì không thể dựa vào thỏa thuận riêng giữa từng cặp chủ thể.

Có thể nói, giá trị không nằm cố định ở một thành tố. Ở nhiệm vụ này, phần lớn có thể nằm ở tải trọng chuyên dụng; ở nhiệm vụ khác, lại nằm ở năng lực phân tích hoặc khả năng bàn giao kết quả dịch vụ đúng hẹn. Khi quy mô tăng, vai trò của thành tố hệ thống có thể tăng lên. Nhưng chưa có đủ căn cứ để xếp năm thành tố theo một thứ tự giá trị chung cho mọi trường hợp.

Từ đây có thể thấy giới hạn của những chỉ số như số UAV đã mua, số chuyến bay đã thực hiện, số buổi trình diễn hoặc số biên bản ghi nhớ đã ký: chúng chủ yếu phản ánh những hoạt động dễ nhìn thấy, chưa cho biết ai đã sử dụng kết quả, ai trả tiền và liệu dịch vụ có được tiếp tục hay không. Chương 15 sẽ quay lại những câu hỏi ấy khi bàn cách một thử nghiệm trở thành hợp đồng.

Năm thành tố có một điểm chung. Ở thành tố nào, giá trị cũng chỉ thành khoản tiền có người trả khi đầu ra của người này đủ tin cậy để trở thành đầu vào của người kế tiếp: một phương tiện bay ổn định đủ để người vận hành dám nhận hợp đồng, một diện tích đã phun được hợp tác xã nghiệm thu, một tấm ảnh nhiệt được kỹ sư ký thành kết luận, một lớp dữ liệu vùng trời được nhiều nền tảng cùng tin dùng. Cuốn sách gọi đó là **độ tin cậy được tổ chức**. Đây là sợi chỉ xuyên suốt các chương sau, thể hiện qua bốn cơ chế kinh tế được tóm lược ở Hộp 1.2.

HỘP 1.2. BỐN CƠ CHẾ KINH TẾ XUYÊN SUỐT CUỐN SÁCH

Mật độ. Chi phí của một kết quả phụ thuộc vào số lần lặp lại nhiều hơn là vào giá chiếc máy: cùng một đội bay, chi phí cố định chia cho 400 hay 600 chuyến mỗi năm cho ra hai bài toán kinh tế khác nhau (Chương 6, 14, 17).

Bảo chứng. Giá trị dồn về khâu mà ở đó đầu ra trở thành bằng chứng được người có trách nhiệm ký nhận, chứ không nhất thiết về nơi làm ra chiếc máy (Chương 5, 9, 12, 15). Sách gọi phần nền dùng chung giúp đầu ra đáng tin – đăng ký và định danh, dữ liệu vùng trời có thẩm quyền, thử nghiệm và đánh giá sự phù hợp – là hạ tầng bảo chứng (Chương 6, 22).

Phân bổ rủi ro. Hợp đồng, quy định và chính sách không xóa được rủi ro; chúng chuyển rủi ro giữa các bên. Phần rủi ro không ai nhận thường đổ lên bên yếu thế nhất (Chương 2, 7, 13).

Lệch vai. Người trả tiền, người dùng kết quả, người hưởng lợi và người chịu tác động thường không trùng nhau. Vì vậy nhiều giá trị xã hội lớn không tự trở thành thị trường và cần một bên đặt hàng (Chương 8, 10, 16, 17).

Đây là khung phân tích của các tác giả, không phải định luật kinh tế đã được kiểm chứng cho mọi trường hợp; các chương sau dùng tình huống cụ thể để soi từng cơ chế.

KẾT CHƯƠNG

Trở lại hai chiếc UAV lúc sáu giờ mười lăm phút sáng.

Khác biệt giữa chúng nằm ở một quá trình chuyển hóa. Chiếc thứ hai đã đi từ phương tiện sang nhiệm vụ, từ nhiệm vụ sang kết quả có người trả tiền, và đang trở thành một dịch vụ có thể lặp lại. Một tập hợp chuyến bay bắt đầu trở thành một không gian kinh tế khi quá trình ấy được thực hiện đầy đủ và có thể lặp lại, trong một vùng trời được tổ chức, trên nền thể chế, hạ tầng, công nghệ và thị trường phù hợp. Chiếc UAV là phần dễ thấy nhất của quá trình đó, và cũng chỉ là điểm bắt đầu.

Người thanh niên ở bờ mương đang đứng ở một vị trí trong chuỗi ấy. Anh biết chiếc máy của mình giá bao nhiêu, một bộ pin dùng được bao lâu, cuối tuần sẽ nhận bao nhiêu tiền cho số hecta đã phun. Để thực hiện được công việc ấy, anh còn dựa vào nhà cung cấp phương tiện và linh kiện, thợ sửa máy, đơn vị lưu trữ dữ liệu, nhà cung cấp kết nối, cơ sở đào tạo và những hạ tầng mà anh không sở hữu. Nếu chiếc UAV chỉ là một điểm trên tấm bản đồ, thì những điểm còn lại là ai, chúng nối với nhau ra sao, và khoản tiền khách hàng trả được phân chia giữa các công việc và chủ thể ấy như thế nào? Chương 2 bắt đầu từ hóa đơn cuối năm của anh.

CHƯƠNG 2. BẢN ĐỒ HỆ SINH THÁI VÀ CHUỖI GIÁ TRỊ KINH TẾ TẦM THẤP

Năm nay anh phun thuê được 1.500 hecta. Giá phun thuê ở vùng anh là 150 nghìn đồng mỗi hecta, nên tổng doanh thu là 225 triệu đồng. Với một người 27 tuổi ở một xã nông nghiệp, con số nghe không nhỏ.

Tuy nhiên, doanh thu không đồng nghĩa với thu nhập của người điều khiển. Để duy trì hoạt động, anh còn phải trang trải các khoản chi phí: khấu hao chiếc máy, pin, cánh quạt, béc phun, tiền điện sạc, xăng xe, tiền công người tiếp thuốc, phí phần mềm bản đồ, bảo hiểm. Sau khi trừ các khoản chi, anh còn khoảng 37,5 triệu đồng tiền công và lợi nhuận cho cả năm làm việc, với nhiều hôm phải dậy từ bốn giờ sáng.

Anh có thể không lỗ, nhưng thấy có gì đó chưa ổn: cách phân bổ khoản tiền khách trả khiến anh băn khoăn thu nhập có tương xứng với công sức và trách nhiệm hay không. Người đứng giữa ruộng, chịu nắng, chịu gió, chịu rủi ro khi UAV va vào đường dây hay phun lệch sang ruộng nhà bên, là anh. Nếu xảy ra sự cố, chủ ruộng gọi cho anh chứ không gọi cho ai khác. Vậy mà trong 150 nghìn đồng chủ ruộng trả cho mỗi hecta, phần công và lợi nhuận anh còn giữ được chỉ là 25 nghìn đồng, bằng một phần sáu, ngang tiền công người tiếp thuốc đứng dưới bờ. Anh cũng không biết ai làm ra viên pin của mình, ai giữ nhật ký bay của mình và phần tiền không ở lại với anh đang đi về đâu.

Chương 1 đã nhìn chiếc UAV như điểm khởi đầu của một quá trình công nghệ và hoạt động kinh tế. Chương này sẽ nhìn vào những chủ thể và mối quan hệ phía sau một nhiệm vụ bay để trả lời câu hỏi: *nếu kinh tế tầm thấp là một hệ sinh thái, những chủ thể nào tạo ra giá trị, và giá trị ấy phân bổ giữa họ như thế nào?*

Chúng ta hãy bắt đầu từ một hecta phun thuốc, phân tích các khoản mục cấu thành giá dịch vụ và lần theo mối quan hệ kinh tế phía sau:

BẢNG 2.1. 150 nghìn đồng mỗi hecta đi qua nhiều chủ thể

Khoản trong mỗi hecta	Nghìn đồng	Bản chất khoản mục	Chảy về đâu
Khấu hao thiết bị[3]	55	Chi phí phân bổ vốn đầu tư	Nhà chế tạo, nhà phân phối phương tiện
Phụ tùng hao mòn (cánh quạt, béc phun, bơm)	13	Chi phí thay thế linh kiện	Nhà cung cấp linh kiện
Pin, sạc, điện	12	Chi phí năng lượng và pin	Nhà cung cấp linh kiện, năng lượng
Công người tiếp thuốc, dẫn ranh thửa	25	Tiền trả cho lao động thuê	Lao động địa phương
Xăng xe, hậu cần	10	Chi phí đi lại, vận chuyển	Kinh tế địa phương
Phần mềm quản lý, bản đồ, lưu trữ dữ liệu	5	Chi phí công nghệ	Nhà cung cấp phần mềm, dữ liệu
Bảo hiểm, đào tạo định kỳ, chi phí tuân thủ	5	Chi phí quản lý và tuân thủ	Bảo hiểm, cơ sở đào tạo
Công và lợi nhuận của người điều khiển	25	Chưa tách tiền công và lợi nhuận	Người trực tiếp bay
TỔNG	**150**		

Ghi chú: Số liệu là giả định minh họa, không phải kết quả khảo sát. Khấu hao là phần vốn đầu tư thiết bị phân bổ cho mỗi hecta, không phải tiền trả cho nhà sản xuất sau mỗi hecta.

Nhìn vào cột "Chảy về đâu": khoảng 80 nghìn đồng đi theo thiết bị, pin và phụ tùng; 35 nghìn ở lại với lao động và hậu cần địa phương; 10 nghìn cho phần mềm, bảo hiểm, đào tạo và tuân thủ; còn người trực tiếp bay giữ 25 nghìn. Nếu năm sau anh chỉ phun được khoảng 1.000 hecta với đơn giá không đổi, phần công và lợi nhuận ấy có thể không còn, thậm chí âm, trong khi khấu hao và nhiều chi phí nền vẫn còn đó.

[3] Giả định minh họa: thiết bị có giá 250 triệu đồng, khấu hao trong ba năm, khai thác 1.500 hecta mỗi năm, tức khoảng 55 nghìn đồng mỗi hecta; giá dịch vụ là 150 nghìn đồng mỗi hecta. Chương 14 sẽ sử dụng bộ giả định này.

Nhưng bảng trên vẫn chưa cho biết chủ thể nào tạo ra nhiều giá trị hơn: giá trị mỗi bên góp phần tạo ra không đồng nhất với doanh thu, thu nhập hay lợi nhuận bên ấy nhận được. Để hiểu cấu trúc đó, cần nhìn hệ sinh thái theo hai chiều: **lớp** cho biết chủ thể và năng lực nằm ở đâu; **dòng** cho biết thiết bị, kết quả, dữ liệu và tiền được chuyển giao ra sao, còn trách nhiệm được phân chia thế nào.

1. Một hợp đồng, mười chủ thể

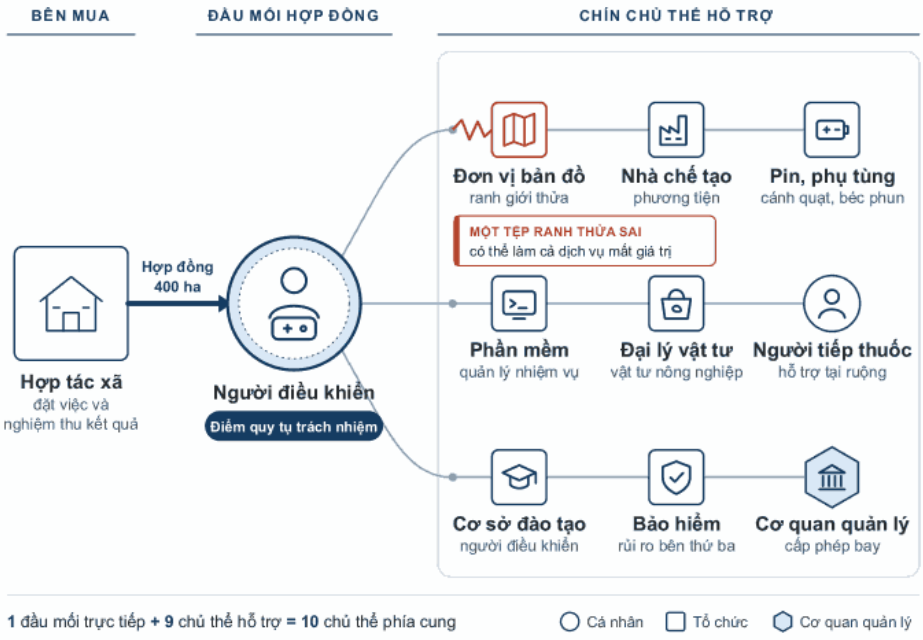
Giữa vụ, một hợp tác xã ở xã bên gửi cho anh đề nghị phun 400 hecta cho cả vụ sau, với đơn giá thấp hơn giá thuê lẻ khoảng 15%. Hợp tác xã không trả tiền theo lượt bay mà theo diện tích đã phun đúng lịch. Nếu chậm quá ba ngày so với lịch phòng trừ, phần diện tích phun trễ sẽ không được thanh toán.

Điều khoản cuối cho thấy khác biệt giữa hoàn thành một chuyến bay và cam kết cung cấp một dịch vụ. Muốn ký, anh phải bảo đảm nhiều thứ nằm ngoài tầm tay mình: pin đủ cho số lượt bay dự kiến, cánh quạt và béc phun có sẵn khi hỏng, ranh giới thửa được xác định chính xác, hoạt động bay đáp ứng các điều kiện pháp lý, có người thay nếu anh ốm, có cách xử lý khi thuốc bay sang ruộng bên. Hình 2.1 cho thấy phía sau một hợp đồng tưởng như đơn giản là ít nhất mười chủ thể. Chủ nhiệm hợp tác xã không cần làm việc hay ký hợp đồng riêng với từng người trong số đó. Ông ký với một đầu mối, và đầu mối ấy là anh. Cuốn sách gọi vị trí này là *điểm quy tụ trách nhiệm*.

Hợp tác xã chỉ cần một hợp đồng, một người để gọi khi có vấn đề và một hóa đơn để thanh toán. Với anh, vai trò đầu mối là cơ hội duy trì quan hệ trực tiếp với khách hàng, nắm bắt nhu cầu và giữ khách cho những vụ sau, điều mà người bán pin hay người cung cấp phần mềm không có được từ chính hợp đồng phun thuê này. Nhưng đây cũng là vị trí phải đối diện với nhiều rủi ro phát sinh từ những chủ thể tham gia phía sau. Nếu nhà cung cấp phụ tùng giao chậm, người lỡ hạn ba ngày là anh. Nếu tệp bản đồ sai, người bị trừ tiền cũng là anh. Một đầu mối chỉ thực sự mạnh khi có cách phân chia rủi ro ấy với các bên liên quan,

bằng hợp đồng với nhà cung cấp, bằng bảo hiểm phù hợp hoặc đơn giản bằng việc có hai nguồn cung thay vì một.

Chỉ một mắt xích hỏng cũng có thể khiến cả dịch vụ không đạt yêu cầu. Một lô pin xuống cấp sớm có thể không làm máy rơi, nhưng vẫn làm giảm số lượt bay mỗi ngày và khiến anh lỡ hạn. Nếu hợp đồng không quy định rõ tiêu chí nghiệm thu, một báo cáo hoàn thành cũng chưa đủ làm căn cứ thanh toán. Từ đây rút ra một điều sẽ quay lại nhiều lần trong cuốn sách: giá trị xuất hiện khi đầu ra của người này đủ tin cậy – về chất lượng, thời hạn, thông tin và trách nhiệm – để người kế tiếp dùng làm đầu vào; Chương 1 gọi đó là độ tin cậy được tổ chức.



Hình 2.1. Hợp tác xã chỉ ký với một người, nhưng hợp đồng được thực hiện nhờ mười chủ thể

Muốn đọc các mối quan hệ ấy cho đúng, cần phân biệt bốn khái niệm hay bị dùng lẫn (Hộp 2.1).

HỘP 2.1. HIỂU ĐÚNG – BỐN KHÁI NIỆM

Chuỗi cung ứng trả lời câu hỏi: cần những đầu vào nào để tạo ra và duy trì năng lực hoạt động, từ tri thức, vật liệu, linh kiện, phần mềm tới nhân lực và dịch vụ kỹ thuật.

Chuỗi giá trị trả lời câu hỏi khác: mỗi chủ thể đã làm gì để đầu ra hữu ích hơn, tức tạo ra giá trị gia tăng gì và giữ lại bao nhiêu, trước khi đến người dùng.

Hệ sinh thái bao quát cả hai, cộng thêm hạ tầng, thể chế, dữ liệu dùng chung, nhân lực và những quan hệ phối hợp vượt ra ngoài phạm vi một doanh nghiệp.

Mạng lưới giá trị xuất hiện khi quan hệ không còn đi theo một tuyến: một nền tảng phục vụ nhiều ngành, một doanh nghiệp vừa tích hợp vừa vận hành, dữ liệu từ người dùng quay về khâu thiết kế.

Nhầm bốn khái niệm này dẫn tới một sai lầm quen thuộc: coi bản đồ kinh tế tầm thấp là danh sách các nhà sản xuất và nhà cung cấp.

2. Bốn lớp của hệ sinh thái

Đặt mười chủ thể của hợp đồng 400 hecta cạnh nhau, có thể xếp các vai trò chính của họ thành bốn lớp. Mỗi lớp đóng góp một nhóm năng lực, đảm nhận một phần trách nhiệm và kết nối với các lớp khác qua những khâu có thể ảnh hưởng tới kết quả dịch vụ.

Lớp tạo ra phương tiện và năng lực công nghệ. Nguy cơ pin xuống cấp sớm mà anh phải tính đến bắt nguồn từ lớp này. Ở đây có nghiên cứu, thiết kế, vật liệu, linh kiện, chế tạo phương tiện và các tải trọng chuyên dụng như bình phun, camera, cảm biến. Nhiều chi phí của anh đã được quyết định ở bàn thiết kế, trước khi chiếc máy rời nhà máy: pin thay nhanh hay chậm, phụ tùng có sẵn ở địa phương hay phải chờ hàng tuần. Một năng lực quan trọng của lớp này là khả năng tích hợp, tức làm cho khung, động cơ, nguồn điện, điều khiển và tải trọng hoạt động ổn định như một hệ thống. Lắp ráp được một chiếc máy chưa có nghĩa là làm chủ thiết kế, kiểm thử và chuỗi phụ tùng. Linh kiện tiêu hao như pin, cánh quạt, béc phun còn tạo ra một dòng tiền kéo dài suốt thời gian khai thác. Đó là lý do một số doanh nghiệp chọn cung cấp linh kiện, phụ tùng hoặc vật tư tiêu hao thay vì làm ra cả chiếc máy.

Lớp hạ tầng và năng lực điều phối. Tệp ranh giới thửa ruộng trên điện thoại của anh chỉ là một mảnh nhỏ của lớp này. Một nhiệm vụ bay cần điểm cất hạ cánh, nơi sạc và bảo dưỡng, kết nối, định vị, bản đồ và hệ thống hỗ trợ phối hợp với các hoạt động bay khác. Phần kỹ thuật của lớp này thuộc về Chương 6; ở đây chỉ cần thấy vị trí kinh tế

của nó. Khi phục vụ được nhiều nhà vận hành, hạ tầng dùng chung có thể làm giảm đầu tư lặp lại và chi phí phối hợp. Nhưng đây cũng là lớp dễ rơi vào cảnh "con gà và quả trứng": doanh nghiệp chưa mở rộng vì thiếu hạ tầng, nhà đầu tư chưa rót vốn vì nhu cầu sử dụng còn thấp. Nền tảng quản lý hoạt động bay là một năng lực điều phối trong lớp này, không phải toàn bộ lớp. Nếu các hệ thống không liên thông, dữ liệu bị phân mảnh trong từng nền tảng, thì dù đã có hạ tầng, các bên vẫn khó phối hợp hiệu quả. Trong hệ sinh thái này, Nhà nước có thể tham gia với nhiều vai trò: đặt quy tắc, đầu tư một số năng lực dùng chung, mua dịch vụ công, tổ chức thử nghiệm. Mỗi tư cách cần một cơ chế trách nhiệm và tài chính riêng. Các quốc gia sắp xếp những tư cách ấy ra sao là câu hỏi của Chương 3.

Lớp vận hành, dịch vụ và dữ liệu. Người thanh niên đứng ở lớp này, nơi năng lực kỹ thuật gặp nhu cầu. Đơn vị vận hành kết hợp phương tiện, con người, phần mềm và quy trình an toàn để hoàn thành nhiệm vụ. Đơn vị dịch vụ chuyên ngành đưa nhiệm vụ ấy vào công việc của nông nghiệp, điện lực hay y tế. Đơn vị dữ liệu biến ảnh và tín hiệu thành bản đồ, cảnh báo, báo cáo. Người mua có thể lựa chọn mức kết quả mà nhà cung cấp phải chịu trách nhiệm bàn giao. Họ có thể mua hoặc thuê phương tiện và tự lo phần còn lại. Họ có thể mua một nhiệm vụ bay. Họ có thể mua dữ liệu thô rồi tự xử lý, mua một sản phẩm dữ liệu như bản đồ hay danh mục điểm cần kiểm tra, hoặc mua thẳng một kết quả nghiệm thu được, như diện tích đã phun đúng yêu cầu. Càng cam kết trực tiếp vào kết quả người dùng cần, nhà cung cấp càng phải kiểm soát nhiều khâu kết nối và chịu trách nhiệm ở nhiều công đoạn hơn. Điều đó không bảo đảm lãi cao hơn, vì chi phí tích hợp và trách nhiệm có thể phải gánh cũng tăng theo. Chương 13 sẽ dựng cấu trúc giao dịch trên những điểm dừng này. Hợp đồng 400 hecta thuộc loại cuối cùng: anh bán diện tích phun đúng lịch, trong khi phần lớn đầu vào anh vẫn mua riêng từ từng nhà cung cấp.

Lớp dịch vụ hỗ trợ và giảm rủi ro. Nếu một hôm anh ốm mà không có người đủ điều kiện điều khiển bay thay, anh sẽ thấy lớp này quan trọng thế nào. Đào tạo, bảo trì, kiểm định, bảo hiểm, tín dụng, cho thuê và tư vấn tuân thủ thường được vẽ ở rìa sơ đồ. Nhưng chức năng kinh tế của chúng lại rất rõ: mỗi dịch vụ giải quyết một bài toán cụ thể. Đào tạo làm giảm sự phụ thuộc vào tay nghề của vài cá nhân. Bảo trì quyết định chiếc máy sẵn sàng làm việc bao nhiêu ngày trong vụ. Việc kiểm tra, đánh giá kỹ thuật tạo thêm căn cứ cho bên mua khi họ không tự đánh giá được hệ thống. Bảo hiểm chia sẻ một phần rủi ro tài chính. Tín dụng giúp người vận hành tiếp cận vốn đầu tư ban đầu. Thiếu lớp này, người vận hành vẫn bay được vài lần nhưng khó giữ ổn định chất lượng, khó mở rộng địa bàn và khó nhận những hợp đồng đòi hỏi trách nhiệm cao như hợp đồng của hợp tác xã.

3. Các ngành sử dụng và nơi giá trị được hiện thực hóa

Các lớp nêu trên đều phục vụ mục tiêu cuối cùng: đáp ứng nhu cầu của người sử dụng kết quả. Chủ ruộng trả 150 nghìn đồng cho một hecta không phải để mua số phút chiếc máy ở trên trời. Ông trả tiền để ruộng được phun đúng thời điểm, đúng yêu cầu, với kỳ vọng bớt được công lao động, bớt được những ngày người nhà phải đeo bình tiếp xúc với thuốc, bớt được thiệt hại do xử lý chậm. Phần lợi ích ấy không nằm trong hóa đơn của anh thanh niên. Nó thể hiện ở phía người sử dụng, qua chi phí lao động, thời gian, mức độ tiếp xúc với thuốc và kết quả mùa vụ.

Điều này giải thích vì sao chủ ruộng có thể chấp nhận trả 150 nghìn đồng mà không cần biết đầy đủ chi phí của người cung cấp dịch vụ: cái ông đặt lên bàn cân là tiền thuê người phun tay giữa mùa cao điểm, những ngày ngồi chờ và rủi ro phun trễ khi sâu rầy đã lan. Mức giá khách hàng sẵn lòng trả vì thế phụ thuộc vào lợi ích họ kỳ vọng nhận được, chứ không chỉ vào chi phí của người cung cấp. Khi lợi ích này giảm, chẳng hạn vì lao động thời vụ dễ thuê hơn, giá dịch vụ dễ bị ép xuống dù chi phí của người làm không đổi.

Một đầu ra chỉ phát huy đầy đủ giá trị sử dụng khi giúp người nhận quyết định hoặc hành động. Bản đồ sâu bệnh có ý nghĩa khi giúp quyết định phun ở đâu. Ảnh nhiệt của đường dây có ý nghĩa khi giúp quyết định kiểm tra cột nào trước. Nếu báo cáo nằm lại trong một thư mục, phần việc kỹ thuật đã hoàn thành nhưng lợi ích mà khách hàng kỳ vọng vẫn chưa được tạo ra đầy đủ. Người dùng kết quả và người trả tiền cũng có thể là hai bên khác nhau. Một cơ quan quản lý mua dịch vụ cho đơn vị cơ sở; ngân sách trả tiền cho một dịch vụ công mà người hưởng lợi là người dân. Cách phân biệt người sử dụng, người hưởng lợi và người trả tiền sẽ trở lại trong "Thẻ bài toán" ở Chương 8.

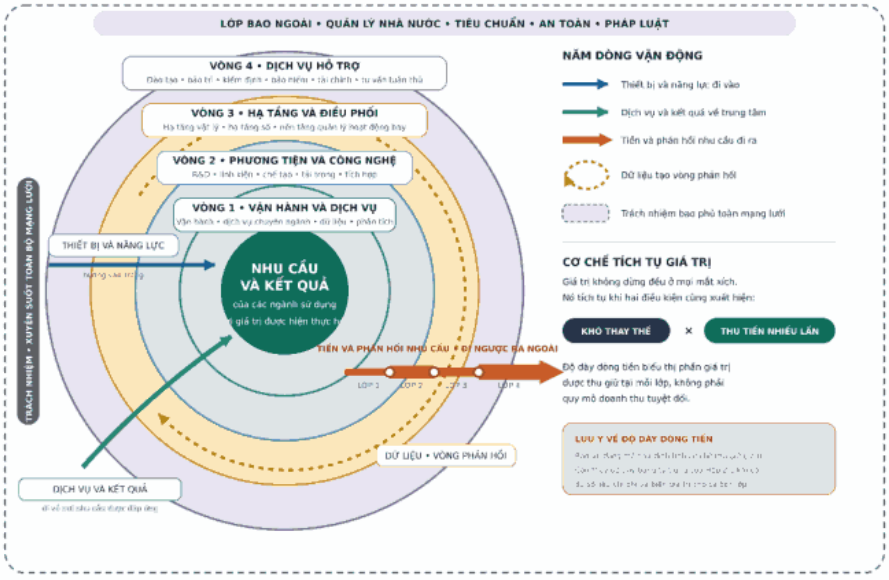
Từ đây có một hệ quả cho việc đo lường. Nếu chỉ nhìn doanh thu bán phương tiện và dịch vụ bay, chúng ta chưa thấy hết lợi ích kinh tế – xã hội mà hoạt động này đem lại cho người sử dụng. Nhưng cũng không thể cộng mọi lợi ích tiềm năng thành giá trị thực. Lợi ích chỉ nên đưa vào tính toán khi có căn cứ đo lường hoặc ước tính đủ tin cậy, có cách làm trước đó để so sánh và xác định rõ ai thực sự sử dụng đầu ra. Chương 14 sẽ trở lại phép đo ấy.

4. Năm dòng vận động và nơi giá trị tích tụ

Nếu chỉ nhìn dòng vật chất, hệ sinh thái này giống một chuỗi sản xuất thông thường: vật liệu thành linh kiện, linh kiện thành phương tiện, phương tiện đến tay người vận hành. Cách nhìn ấy đúng nhưng bỏ sót nhiều quan hệ quyết định việc dịch vụ vận hành được hay không.

Dòng *thiết bị và năng lực* đi từ tri thức và linh kiện qua chế tạo, tích hợp tới người vận hành; rủi ro chính nằm ở chất lượng thiết bị, khả năng tích hợp và nguồn cung phụ tùng. Dòng *kết quả* bắt đầu từ yêu cầu của hợp tác xã, được chuyển thành nhiệm vụ rồi trở về người dùng dưới dạng diện tích đã phun để nghiệm thu. Dòng *dữ liệu* không dừng ở khách hàng. Dữ liệu nhiệm vụ đi tới người dùng; dữ liệu vận hành quay về bảo trì và an toàn; thông tin về hỏng hóc cũng quay về khâu thiết kế để điều chỉnh sản phẩm. Nhờ những vòng quay ngược ấy, hệ sinh thái không còn là một chuỗi một chiều. Dòng *tiền* đi từ người trả tiền tới đầu

mối, rồi được dùng để trang trải chi phí và thanh toán cho các bên tham gia; Bảng 2.1 là một lát cắt của dòng này. *Trách nhiệm* phát sinh ở từng khâu của quá trình: khi kết quả không đạt, phải truy được lỗi nằm ở sản phẩm, ở khâu tích hợp, ở người vận hành, ở dữ liệu hay ở quyết định của người dùng. Nếu hợp đồng không rõ cách phân chia trách nhiệm, phần lớn hậu quả khi dịch vụ không đạt có thể dồn về bên làm đầu mối; trong tình huống 400 hecta, đó là anh thanh niên.



Hình 2.2. Giá trị được tạo ra trong một mạng lưới do nhu cầu dẫn dắt, nhưng tích tụ ở những mắt xích khó thay thế và có thể thu tiền nhiều lần

Hình 2.2 đặt nhu cầu, kết quả cần đạt và người sử dụng hoặc người chi trả ở tâm. Các lớp năng lực bao quanh tâm; năm dòng vận động kết nối các lớp theo những hướng khác nhau. Một nhiệm vụ cụ thể có thể đi từ phương tiện, qua hạ tầng và vận hành, tới dữ liệu và kết quả ngành, nhưng toàn bộ hệ sinh thái không vận động theo một chiều duy nhất.

Cách nhìn theo mạng lưới cũng giúp nhận ra những mắt xích có khả năng giữ lại giá trị lâu dài. Không nên xếp hạng các mắt xích chỉ theo doanh thu. Cần hỏi ba điều: mắt xích có khó thay thế không; nó có

kiểm soát một giao diện (điểm nối nơi đầu ra của bên này thành đầu vào của bên kia) quan trọng không; năng lực của nó có được sử dụng lặp lại trong nhiều nhiệm vụ hoặc chuỗi giá trị không. Quyền tiếp cận khách hàng và lịch sử dữ liệu có thể làm vị trí ấy bền hơn, nhưng chỉ khi đi kèm một đầu ra hữu ích và trách nhiệm đủ rõ.

Theo quan sát của các tác giả, một số doanh nghiệp Việt Nam lựa chọn tham gia thị trường từ hoạt động vận hành và tích hợp tải trọng, vì đây là con đường gần nhu cầu và có rào cản đầu tư ban đầu thấp hơn chế tạo toàn bộ phương tiện. Nhận định này chưa dựa trên một khảo sát có tính đại diện. Doanh nghiệp không cần tham gia toàn bộ chuỗi giá trị, mà cần chọn năng lực lõi nào, kết nối với ai và làm cho giao diện nào đáng tin cậy hơn. Chương 12 sẽ trở lại lựa chọn ấy; Chương 22 sẽ bàn về năng lực cần xây dựng ở cấp quốc gia.

KẾT CHƯƠNG

Hóa đơn của người thanh niên giờ đã đọc được như một tấm bản đồ. Phần tiền anh giữ lại phản ánh một phần vị trí kinh tế của anh trong mạng lưới giá trị, chứ không phản ánh đầy đủ lượng công việc hay trách nhiệm anh đang gánh. Một phần lợi ích quan trọng còn nằm ngoài hóa đơn: thời gian, công sức và những thiệt hại mùa vụ mà chủ ruộng có thể tránh được.

Sức mạnh của một hệ sinh thái không đo bằng số lượng chủ thể, mà bằng khả năng nối đầu ra của người này thành đầu vào đáng tin cho người khác. Khung bốn lớp và năm dòng giúp so sánh các hệ sinh thái ở nhiều nơi. Nhưng các quốc gia tổ chức chúng rất khác nhau: ai đầu tư hạ tầng, ai điều phối vùng trời, Nhà nước đứng ở vai nào, thị trường gánh rủi ro tới đâu. Thực tế cũng có những nơi phát triển dịch vụ UAV dù chưa hình thành ngành chế tạo phương tiện tương xứng. Vì sao một nơi có thể phát triển dịch vụ trước khi có thế mạnh về chế tạo phương tiện? Chương 3 sẽ bắt đầu từ một túi máu được thả xuống bằng dù ở một quốc gia Đông Phi.

CHƯƠNG 3. CÁC MÔ HÌNH PHÁT TRIỂN KINH TẾ TẦM THẤP TRÊN THẾ GIỚI

Tháng 10 năm 2016, tại Rwanda, một túi máu được thả xuống bằng dù từ một chiếc UAV cánh cố định. Đó là khởi đầu của một mạng lưới vận chuyển máu bằng UAV do Chính phủ Rwanda triển khai cùng Zipline, một công ty có trụ sở ở bang California, Hoa Kỳ.[64]

Rwanda khi ấy không phải một trung tâm chế tạo UAV hay sản xuất linh kiện hàng không; thu nhập bình quân đầu người thuộc nhóm thấp nhất thế giới. Theo những thang đo quen thuộc, đây không phải nơi hứa hẹn cho một dịch vụ giao hàng tự động.

Cùng năm ấy, tại quê nhà của Zipline, Cục Hàng không Liên bang áp dụng quy định "Part 107" cho hoạt động UAV nhỏ ngoài mục đích giải trí. Nguyên tắc nền là phương tiện phải nằm trong tầm nhìn trực quan (VLOS) của người điều khiển; bay ngoài tầm nhìn (BVLOS) phải xin miễn trừ.[40] Với những giới hạn đó, giao hàng thường xuyên ngoài tầm nhìn khó mở rộng theo quy định chung ở Hoa Kỳ vào thời điểm ấy. Năm 2025, Hoa Kỳ công bố dự thảo quy định cho hoạt động bay ngoài tầm nhìn ở quy mô thường xuyên.[48]

Rwanda đi theo một trình tự khác. Nước này không đợi có dịch vụ rồi mới làm luật: quy định đầu tiên về tàu bay không người lái dân sự được ký ngày 26/4/2016 và đăng Công báo tháng 5/2016, nhưng chỉ áp dụng cho máy đến 25 kg bay trong tầm nhìn của người điều khiển.[65] Điều khác nằm ở cách dùng quy định ấy. Tháng 7/2016, cơ quan hàng không dân dụng chấp thuận cho một nhà khai thác thử nghiệm bay ngoài tầm nhìn. Tháng 10/2016, những chuyến giao máu đầu tiên bắt đầu theo hợp đồng với ngành y tế. Tháng 5/2017, quy định được sửa để đưa bay ngoài tầm nhìn vào khung chung; tháng 8/2017 có chấp thuận đầu tiên cho bay ngoài tầm nhìn mang tính thương mại.[20] Tháng 1/2018, Rwanda ban hành khung quy định dựa trên hiệu năng cho tàu bay không

người lái, thường được nhắc tới như một trong những khung đầu tiên thuộc loại này.[66] Nguyên tắc rất gọn: Nhà nước đặt ra mức an toàn phải đạt, doanh nghiệp tự chứng minh cách đạt. Luật có từ trước, nhưng khung theo hiệu năng ra đời sau, khi đã tích lũy kinh nghiệm từ hơn một năm vận hành thực tế.

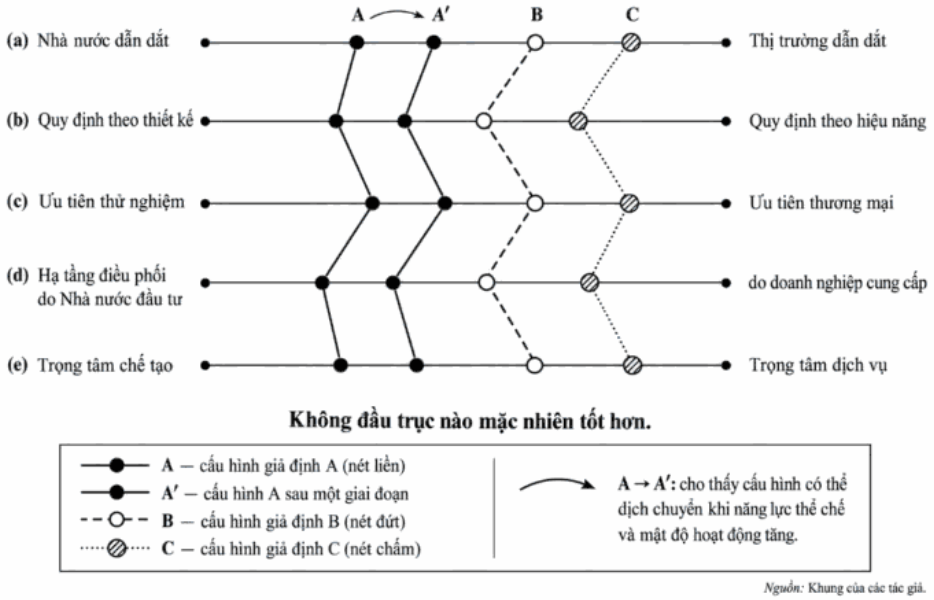
Một công nghệ, một doanh nghiệp, hai quốc gia và hai kết quả rất khác nhau. Sự khác biệt chủ yếu nằm ở cách hai quốc gia tổ chức quản lý và cho phép sử dụng công nghệ của Zipline, chứ không phải ở bản thân công nghệ. Cả hai nước vẫn có bản đồ hệ sinh thái như Chương 2 đã vẽ, chỉ tổ chức theo hai cách khác nhau. Vì vậy, chương này không đi tìm một quốc gia để bắt chước, mà trả lời câu hỏi: *điều gì quyết định cấu hình phát triển mà một quốc gia lựa chọn?*

Trong chương này, *mô hình phát triển* được hiểu là một cấu hình tương đối nhất quán giữa mục tiêu, vai trò các chủ thể, thể chế, công cụ, hạ tầng, cách phân bổ rủi ro và trình tự triển khai, để thị trường kinh tế tầm thấp hình thành và mở rộng. Đây là định nghĩa các tác giả dùng trong sách. Mấu chốt là quan hệ giữa các thành phần, chứ không phải một văn bản hay một chương trình riêng lẻ.

Quỹ đầu tư, cơ chế thử nghiệm có kiểm soát, hành lang bay, định danh từ xa hay hệ thống quản lý giao thông tàu bay không người lái (UTM) đều là công cụ. Công cụ trả lời câu hỏi: dùng cái gì. Mô hình trả lời: dùng để giải bài toán nào, ai sử dụng, ai trả tiền, ai chịu trách nhiệm và làm theo thứ tự nào. Vì thế cùng một công cụ cho kết quả rất khác nhau. Một khu thử nghiệm lập ra để tạo dữ liệu cho việc sửa quy định khác hẳn một khu chỉ để giới thiệu công nghệ. Một quỹ đồng đầu tư giải ngân theo mốc kết quả khác hẳn một khoản hỗ trợ không có điểm dừng.

So sánh các quốc gia, người ta hay gắn nhãn: nước này "Nhà nước dẫn dắt", nước kia "thị trường dẫn dắt". Nhãn ấy chỉ mô tả xu hướng nổi bật, không phải bản chất cố định: cùng một quốc gia vẫn dùng vốn đầu tư công cho nghiên cứu nền, để doanh nghiệp tự đầu tư dịch vụ và

giữ độc quyền quản lý ở phần vùng trời. Hình 3.1 thay nhãn bằng năm trục lựa chọn, mỗi trục ứng với một cấu phần được bàn ở các mục 1–5.



Nguồn: Khung của các tác giả.

Hình 3.1. Mỗi quốc gia không chọn một mô hình, mà chọn một vị trí trên năm trục, và vị trí ấy dịch chuyển theo thời gian

Năm trục có vẻ trừu tượng, nhưng thực ra mỗi trục đều có ảnh hưởng đến công việc của người thanh niên ở Chương 2. Thời gian và chi phí tuân thủ quyết định anh có thể nhận được hợp đồng 400 hecta hay không. Dữ liệu ranh thửa dùng chung có ai cập nhật hay không tùy vào trục hạ tầng. Hợp tác xã có dám mua diện tích phun đúng lịch thay vì tự mua một chiếc máy hay không tùy vào chỗ chính sách đặt trọng tâm ở chế tạo hay ở dịch vụ. Anh không chọn được cấu hình quốc gia, nhưng phần tiền anh thực sự giữ lại trong Bảng 2.1 phụ thuộc vào nó.

Quốc gia nào cũng phải xử lý năm bài toán chung. Chúng ứng với bốn nhóm điều kiện của Chương 1, nhưng nhìn từ phía người làm chính sách. Công nghệ là đối tượng của chính sách công nghiệp (a). Thể chế và quản lý vùng trời tách thành hai việc: quy tắc an toàn (b), và điều phối nhiều hoạt động trong một khoảng trời (d), việc sau gắn với hạ tầng. Nhu cầu và thị trường trở thành bài toán biến công nghệ thành hợp

đồng (e). Thử nghiệm (c) là cách học chung cho cả bốn nhóm khi dữ liệu còn thiếu. Bảng 3.1 dưới đây tóm tắt vấn đề cốt lõi của từng cấu phần.

BẢNG 3.1. Năm cấu phần giải năm bài toán khác nhau, và mỗi cấu phần thất bại theo một cách riêng

Cấu phần	Bài toán	Ai dẫn dắt	Công cụ chính	Rủi ro khi dùng sai	Điều kiện để hiệu quả
(a) Chính sách công nghiệp	Các bên chờ nhau, chưa ai đầu tư	Nhà nước kiến tạo; doanh nghiệp, viện trường thực hiện	Chiến lược, nghiên cứu nền, đồng đầu tư, nhu cầu công ban đầu	Trợ cấp kéo dài, đầu tư trùng lặp, phong trào thay thị trường	Mục tiêu đo được, tiêu chí dừng, đồng đầu tư
(b) Quản lý theo rủi ro	Mở thị trường mà giữ được niềm tin	Cơ quan an toàn	Phân nhóm rủi ro, định danh, bảo hiểm, quy định theo hiệu năng	Quá chặt thì không có thị trường; quá lỏng thì mất niềm tin	Năng lực thẩm định bằng chứng
(c) Khu thử nghiệm, hành lang bay	Học khi dữ liệu còn thiếu	Cơ quan quản lý cùng doanh nghiệp và người dùng	Giới hạn không gian, thời gian; nhật ký dữ liệu; tiêu chí chuyển tiếp	Trình diễn kéo dài, thử nghiệm không bao giờ kết thúc	Bài toán thật, người dùng thật, lối ra rõ ràng
(d) Điều phối giao thông	Nhiều hoạt động chung một khoảng trời	Cơ quan công giữ lõi; doanh nghiệp cung cấp dịch vụ	Nền tảng điều phối, chia sẻ ý định bay	Hạ tầng bỏ không, phụ thuộc một nhà cung cấp	Xác định người trả tiền trước khi xây
(e) Hệ sinh thái doanh nghiệp	Biến công nghệ thành hợp đồng	Doanh nghiệp, khách hàng, Nhà nước trong vai trò người mua	Mua kết quả, mua sắm đổi mới, lộ trình	Mua thiết bị không có nhiệm vụ vận hành	Chỉ số đầu ra, cạnh tranh, minh bạch

1. Chính sách công nghiệp: phá vòng chờ

Giai đoạn đầu, các bên dễ rơi vào thế chờ nhau. Nhà sản xuất chờ thị trường; doanh nghiệp dịch vụ chờ phương tiện và quy tắc; hạ tầng chờ mật độ chuyến bay; nhà đầu tư chờ bằng chứng về nhu cầu. Vấn đề là ai sẽ đứng ra đầu tư trước để phá vòng chờ đợi lẫn nhau.

Trung Quốc ưu tiên phương thức điều phối tập trung. Báo cáo công tác Chính phủ năm 2024 coi kinh tế tầm thấp là một động lực tăng trưởng mới, và cuối năm đó Ủy ban Phát triển và Cải cách Quốc gia lập một đơn vị chuyên trách về chiến lược, quy hoạch và điều phối lĩnh vực này.[60, 61] Hoa Kỳ đi theo hướng khác. Luật về giao thông hàng không tiên tiến năm 2022 và kế hoạch triển khai của Cục Hàng không Liên bang tập trung vào phối hợp liên cơ quan, còn doanh nghiệp tự phát triển sản phẩm và khai thác.[36, 42]

Cái khó không nằm ở chỗ có hỗ trợ hay không, mà ở chỗ hỗ trợ có điều kiện và có điểm dừng. Một chương trình cần nói rõ đang tháo điểm nghẽn nào, mục tiêu nào đo được, doanh nghiệp đồng đầu tư ra sao, và mốc nào dẫn tới tiếp tục hay dừng. Nhiều nghiên cứu về chính sách công nghiệp cảnh báo: ưu đãi thiếu cơ chế lựa chọn, giám sát và kỷ luật thị trường dễ làm méo cạnh tranh.[15, 16, 21] Rủi ro lộ rõ nhất ở cấp địa phương: khi mục tiêu được giao xuống từng nơi mà thiếu thẩm định, chạy theo chỉ tiêu sẽ thay chỗ thị trường. Đây cũng là điều cần lưu ý khi tham khảo cách điều phối tập trung của Trung Quốc.

2. Quản lý theo rủi ro: mở thị trường bằng quy tắc

Bài toán thứ hai là mở thị trường mà không đánh cược niềm tin xã hội. An toàn là nền để khách hàng ký hợp đồng, cộng đồng chấp nhận, doanh nghiệp mua được bảo hiểm, và nhà đầu tư tin rằng thị trường vẫn có thể tiếp tục hoạt động sau sự cố đầu tiên. Liên minh châu Âu chia hoạt động UAV thành ba nhóm "mở", "cụ thể" và "được chứng nhận", với yêu cầu tăng dần theo mức rủi ro.[31] Điều đáng học là nguyên

tắc tương xứng, hơn là tên nhóm hay ngưỡng kỹ thuật: yêu cầu phải tỷ lệ với hậu quả có thể xảy ra.

Đằng sau cách phân nhóm là một lựa chọn về kỹ thuật lập quy, ứng với trục (b) của Hình 3.1.

HỘP 3.1. QUY ĐỊNH THEO THIẾT KẾ VÀ QUY ĐỊNH THEO HIỆU NĂNG

Quy định theo thiết kế mô tả phương tiện phải có cấu hình nào và được làm gì. Cách này dễ kiểm tra, nhưng công nghệ mới dễ bị vướng nếu chưa có cơ chế chấp thuận linh hoạt: muốn mở rộng phải chờ quy định được cập nhật.

Quy định theo hiệu năng đặt ra mức an toàn phải đạt và để doanh nghiệp tự chứng minh cách đạt. Cách này mở đường cho công nghệ chưa có tiền lệ, nhưng đòi cơ quan quản lý đủ năng lực thẩm định bằng chứng. Chọn quy định theo hiệu năng mà thiếu năng lực thẩm định thì quy định chỉ còn là lời hứa của doanh nghiệp.

Hầu hết các hệ thống pha trộn cả hai. Câu hỏi chính sách là việc gì phải giữ chặt từ đầu, việc gì cho làm trước rồi xét kết quả thực tế, và cơ quan quản lý có đủ người, đủ phương pháp để vận hành phần dựa trên hiệu năng hay không. Rwanda cho thấy dữ liệu vận hành giúp sửa quy định ra sao. Quản lý quá chặt khiến chi phí tuân thủ vượt giá trị nhiệm vụ, và một số hoạt động có thể chuyển sang thực hiện ngoài khuôn khổ quản lý chính thức. Mở quá nhanh khiến nhiều sự cố liên tiếp làm suy giảm niềm tin và kéo theo phản ứng siết lại trên diện rộng. Vậy bài toán không phải chọn chặt hay lỏng, mà là xác định giới hạn phù hợp và có năng lực thực thi.

3. Khu thử nghiệm: học trước khi mở rộng

Bài toán thứ ba là học khi dữ liệu còn thiếu và quy tắc chưa bao quát hết tình huống. Cấm hẳn thì không biết công nghệ làm được gì; mở hẳn thì chưa lường được rủi ro. Lựa chọn ở giữa là một không gian có kiểm soát, nơi doanh nghiệp thử hệ thống và cơ quan quản lý rút kinh nghiệm để hoàn thiện chính sách. Nhưng một khu trình diễn hay một hành lang bay đều chưa phải thị trường. Thị trường chỉ hình thành khi có khách hàng chịu trả tiền, có người chịu trách nhiệm khi có sự cố và

vận hành được thường xuyên. Nguy cơ của trục (c) là dừng mãi ở đầu "thử nghiệm": mỗi năm thêm một khu mới, không khu nào có lối ra.

Việc giao máu ở Rwanda có ý nghĩa vì gắn với nhu cầu tiếp tế thật của các cơ sở y tế, không phải một buổi trình diễn. Mỗi chuyến bay vì thế vừa là một lần cung cấp dịch vụ, vừa tạo thêm dữ liệu về an toàn. Cách thiết kế thử nghiệm để có bằng chứng, và cách quyết định dừng, điều chỉnh hay mở rộng, thuộc Chương 18; khi nào thử nghiệm đủ điều kiện thành hợp đồng thương mại thuộc Chương 15.

4. Điều phối giao thông: ai trả tiền xây móng

Bài toán thứ tư xuất hiện khi mật độ tăng và cách xét từng chuyến bay bằng tay không còn theo kịp. Lúc ấy, điều phải trả lời không còn là "cho phép chuyến bay này hay không" mà là "làm sao để nhiều hoạt động cùng tồn tại trong một khoảng trời hữu hạn".

Liên minh châu Âu đã xây một khung pháp lý khá đầy đủ cho vùng trời U-space, xác định dịch vụ nào phải có, ai cung cấp và ai giám sát.[28] Tuy vậy, các vùng trời U-space đi vào vận hành chậm hơn nhiều so với kỳ vọng. Theo nhận định của các tác giả, vướng mắc lớn nằm ở tài chính hơn là ở thiết kế quy định: ai trả tiền cho lớp dịch vụ dùng chung khi lưu lượng còn thấp.

Ngôi nhà đã có bản vẽ, nhưng chưa ai quyết định ai trả tiền xây móng. Chọn phía "Nhà nước" mà chưa có lưu lượng thì ngân sách phải nuôi một hệ thống ít người dùng. Chọn phía "doanh nghiệp" mà chưa có lưu lượng thì không ai đầu tư. Cứ thế, bên nào cũng chờ bên kia đi trước. Kiến trúc kỹ thuật của lớp điều phối sẽ được bàn ở Chương 6.

5. Hệ sinh thái doanh nghiệp: Nhà nước tạo nhu cầu ban đầu bằng cách đặt hàng dịch vụ

Bài toán thứ năm là biến công nghệ thành hợp đồng, và khách hàng là mắt xích hay bị đánh giá thấp nhất. Một hệ sinh thái có nhiều phòng nghiên cứu và nhà sản xuất nhưng thiếu doanh nghiệp ứng dụng

sẽ thiếu vòng phản hồi thị trường. Trục (e) hỏi chính sách đặt trọng tâm ở chế tạo phương tiện hay ở dịch vụ dùng phương tiện.

Rwanda không trợ cấp để ai đó chế tạo phương tiện; Chính phủ trả một mức giá cố định cho mỗi lần giao, kèm cam kết khối lượng tối thiểu; các điều khoản cụ thể không được công bố.[137] Khi bên mua trả theo kết quả thay vì theo thiết bị, nhà cung cấp có động lực tập trung vào tỷ lệ hoàn thành nhiệm vụ, chi phí mỗi lần giao và độ tin cậy.

Ở châu Âu, mua sắm tiền thương mại và mua sắm giải pháp đổi mới cho thấy một cách khác để khu vực công tổ chức nhu cầu: mô tả vấn đề, để nhiều phương án cạnh tranh, rồi làm khách hàng đầu tiên của giải pháp mới.[27] Giới hạn cũng rõ. Việc Nhà nước đặt hàng để tạo nhu cầu ban đầu chỉ có ích khi tiêu chí nghiệm thu đo được và có cạnh tranh thật; mua thiết bị mà không có nhiệm vụ vận hành đi kèm thì chỉ để lại một kho phương tiện chất đống. Cấu trúc một hợp đồng mua kết quả sẽ được bàn ở Chương 13.

6. Ba nhóm điều kiện nền: những giới hạn không thể sao chép nguyên trạng

Không chép nguyên được một mô hình thì vẫn học được từ nó, miễn là tách được cấu phần hữu ích khỏi ba nhóm điều kiện nền mà Việt Nam không thể mặc nhiên coi là đã có.

Điều kiện đầu tiên là cấu trúc quản lý vùng trời. Nhiều mô hình quốc tế vận hành trong một hệ thống mà quyền quản lý dân sự và quan hệ với quốc phòng được thể chế hóa theo cách riêng. Ở Việt Nam, hoạt động khai thác vùng trời chịu sự quản lý của Nhà nước theo pháp luật, với yêu cầu bảo đảm quốc phòng và an ninh. Khung pháp lý hiện hành dựa trên Luật Phòng không nhân dân và Nghị định số 288/2025/NĐ-CP, cùng định hướng của Nghị quyết số 79-NQ/TW và Nghị quyết số 29/NQ-CP.[1, 3] Phần học được là tiêu chuẩn dịch vụ, giao diện với người khai thác và cơ chế phối hợp minh bạch. Phần không bê nguyên được là thẩm quyền, quy trình và trách nhiệm quản lý. Phối hợp quốc phòng,

an ninh và dân sự vì thế phải được tính ngay từ khâu thiết kế dữ liệu, thử nghiệm và phân quyền, thay vì đợi doanh nghiệp đầu tư xong mới tìm cách điều chỉnh. Chương 19 sẽ đặt các căn cứ này thành những yêu cầu pháp lý cụ thể.

Điều kiện thứ hai là di sản và mật độ. Ở những nước có mạng sân bay, lực lượng phi công và doanh nghiệp bảo dưỡng tích lũy qua nhiều thập kỷ, phương tiện mới tận dụng được tài sản sẵn có. Di sản ấy không tái tạo được bằng một chương trình đầu tư ngắn hạn. Tương tự, mô hình siêu đô thị có đủ chuyến bay để trang trải hạ tầng số và điểm cất hạ cánh, nhưng không đại diện cho một địa phương nông nghiệp, miền núi hay hải đảo.

Điều kiện thứ ba là kỷ luật tài khóa và năng lực thể chế. Ngoài cách từng cấu phần thất bại khi thiếu kỷ luật (Bảng 3.1), ở cấp quốc gia còn một rủi ro nữa: nếu phân quyền mà thiếu chuẩn dữ liệu và cơ chế phối hợp, trách nhiệm dễ bị đẩy qua lại giữa các cơ quan. Hai rủi ro ấy có chung cách phòng ngừa: làm từng phần, gắn mỗi bước mở rộng với một chỉ số sử dụng hoặc một hợp đồng.

Còn một giả định nằm ngầm trong hầu hết các đề án: rằng công nghệ đã chín và những chuyến bay đầu tiên sẽ trôi chảy. Ở nước ngoài, đã có chương trình thử nghiệm phải gián đoạn khi phát sinh sự cố (Chương 7). Chương trình nào không thiết kế trước cách đi tiếp sau sự cố là đã bỏ qua phần khó nhất.

Với Việt Nam, năm cấu phần này gợi ý nên xuất phát từ điểm nghẽn: thiếu năng lực cung ứng thì trọng tâm là nghiên cứu và chuỗi phụ tùng; thiếu niềm tin thì ưu tiên cơ chế quản lý rủi ro; chưa rõ tính khả thi thì thử nghiệm để tạo bằng chứng; khi số hoạt động tăng mới cần điều phối ở quy mô hệ thống; và trong mọi trường hợp, khách hàng phải có lý do để sử dụng kết quả. Đây là những gợi ý lựa chọn, không phải một danh mục đầu tư bắt buộc: có nơi nên bắt đầu từ dịch vụ chuyên ngành và hạ tầng tối thiểu; có nơi cần kiểm chứng an toàn trước khi mở rộng. Hộp 3.2 gom những câu hỏi cần đặt trước mỗi đề xuất.

HỘP 3.2. CÂU HỎI TRƯỚC KHI QUYẾT ĐỊNH – HỌC MỘT CÔNG CỤ HAY CHÉP CẢ MÔ HÌNH?

1. Mô hình ấy dựa trên những điều kiện nền nào, và Việt Nam đã có gì, còn thiếu gì?
2. Cấu phần cụ thể nào giải đúng bài toán của chúng ta?
3. Cấu phần đó phải đổi gì để chạy được trong thể chế và cơ chế phối hợp quốc phòng, an ninh, dân sự hiện hành?
4. Ai trả tiền duy trì lớp nền dùng chung trong những năm đầu, khi lưu lượng còn thấp?
5. Nếu một sự cố nghiêm trọng xảy ra trong năm đầu tiên, cơ chế nào cho phép chương trình đi tiếp thay vì dừng vô thời hạn?
6. Khi thời hạn thử nghiệm hoặc hỗ trợ kết thúc, ai còn cần dịch vụ và ai sẽ trả tiền để duy trì nó?

Câu hỏi thứ sáu ít được đặt ra nhất và cũng quyết định nhất.

KẾT CHƯƠNG

Trở lại túi máu thả xuống bằng dù năm 2016. Một nước không có lợi thế công nghệ đã đi trước nhờ ba quyết định tổ chức. Một, Rwanda chọn một bài toán mà giá trị của lời giải lớn tới mức không ai tranh cãi: máu và thuốc cho những bệnh viện xa, nơi một túi máu đến muộn vài giờ là chuyện sống còn. Hai, Rwanda đứng ra làm người mua kết quả, trả tiền theo lần giao thay vì mua thiết bị. Ba, Rwanda cho phép một dịch vụ thực tế vận hành trong phạm vi được kiểm soát của bộ quy định ban đầu, sửa quy định theo dữ liệu vận hành, rồi mới luật hóa theo hiệu năng. Ba quyết định này không cần một nền công nghiệp chế tạo, mà cần mục tiêu rõ ràng và sự sẵn lòng chịu trách nhiệm cho một lựa chọn chưa có tiền lệ.

Vì vậy, một cấu hình phù hợp xuất phát từ một nhu cầu thật, rồi mới tìm trong kinh nghiệm quốc tế những công cụ giải đúng nhu cầu ấy; trình tự quan trọng không kém quy mô. Thử nhỏ trước khi đầu tư lớn là hợp lý, với điều kiện phép thử đủ sát thực tế để tạo ra dữ liệu

dùng được. Giao dịch vụ cho doanh nghiệp là hướng đi tốt, miễn là đã xác định trước những việc cốt lõi Nhà nước phải tự làm.

Ba chương đầu đến đây khép lại một vòng nhận thức: kinh tế tầm thấp rộng hơn chiếc UAV nhìn thấy trên bầu trời, và đằng sau mỗi chuyến bay là một mạng lưới tạo giá trị, được tổ chức theo nhiều cách tùy mục tiêu, điều kiện và trình tự của mỗi quốc gia.

Nhưng mọi cấu hình, dù thiết kế tốt đến đâu, cuối cùng vẫn phải chạy trên những phương tiện có thật, mang tải trọng có thật, trong thời tiết có thật. Một hành lang bay chỉ có nghĩa khi có phương tiện đủ tầm để đi hết hành lang. Một hợp đồng mua kết quả chỉ khả thi khi có thiết bị đủ tin cậy để lặp lại nhiệm vụ hàng trăm lần. Trước khi hỏi nên mua loại máy nào, cần hỏi nhiệm vụ đòi hỏi điều gì. Phần II bắt đầu từ câu hỏi đó.

PHẦN II
CÔNG NGHỆ VÀ HẠ TẦNG KINH TẾ TẦM THẤP

CHƯƠNG 4. CÁC LOẠI PHƯƠNG TIỆN BAY VÀ CÁCH LỰA CHỌN

Bản mô tả nhiệm vụ dài hai trang, gửi kèm một đề nghị mua sắm của một công ty truyền tải điện. Hạng mục thứ nhất là kiểm tra định kỳ chuỗi cách điện và các mối nối trên một cột vượt sông cao hơn bảy mươi mét. Người kỹ sư cần ảnh chụp mặt dưới của xà ở khoảng cách đủ gần để nhận ra một vết nứt chân chim, và phương tiện phải giữ nguyên vị trí trong lúc gió từ mặt sông thốc lên. Hạng mục thứ hai là khảo sát hành lang tuyến dài bốn mươi cây số chạy qua vùng đồi, để phát hiện cây mọc lấn vào hành lang an toàn và những chỗ đất sạt sát móng cột. Dọc tuyến chỉ có vài khoảng đất trống, mỗi khoảng vừa đủ cho một người đứng điều khiển.

Ở dòng cuối, bộ phận mua sắm đề xuất một cách làm nghe rất hợp lý: chọn mẫu có tải trọng, tầm bay và tốc độ cao nhất trong các báo giá, dùng chung cho cả hai việc để tiết kiệm tiền đầu tư và công đào tạo.

Với máy tính hay xe công vụ, cách nghĩ ấy thường đúng: cấu hình cao hơn cho dư địa lớn hơn mà hiếm khi làm việc gì kém đi. Phương tiện bay không vận hành theo logic đó. Hai hạng mục trong bản mô tả đòi hỏi hai điều gần như ngược chiều: một bên cần đứng yên thật lâu ở một điểm trong gió, bên kia cần đi thật xa với ít năng lượng nhất. Thiết kế giúp phương tiện làm tốt việc thứ nhất lại chính là thứ khiến nó tốn kém khi làm việc thứ hai. Chiếc máy “mạnh nhất” trên giấy vì thế dễ làm cả hai việc ở mức trung bình, và chi phí phát sinh từ sự lựa chọn ấy

sẽ thể hiện qua những chuyến bay phải thực hiện lại, những bộ pin phải thay thêm.

Chương 3 khép lại bằng câu ghi nhớ: trước khi nghĩ đến mua loại phương tiện nào, cần xác định rõ nhiệm vụ đòi hỏi điều gì. Chương này biến điều đó thành một cách làm, xoay quanh câu hỏi: *nhiệm vụ đòi hỏi kiến trúc phương tiện nào, và tổ chức phải chấp nhận những đánh đổi gì?* Câu trả lời ngắn là không có phương tiện tốt nhất cho mọi việc, chỉ có phương tiện phù hợp với hồ sơ nhiệm vụ cụ thể. Cách làm đó là loại trừ bằng điều kiện bắt buộc trước, rồi mới so sánh đánh đổi.

1. Nhiệm vụ đi trước phương tiện

Sai lầm phổ biến là xin báo giá trước khi mô tả rõ công việc, để rồi việc lựa chọn thành phép so sánh bảng thông số: tải bao nhiêu, bay bao lâu, đi bao xa, chịu gió cấp mấy. Đây là những đặc tính của phương tiện, nhưng chúng không thực sự quyết định việc có hoàn thành nhiệm vụ hay không.

Để biết nhiệm vụ cần gì, hãy mô tả công việc theo phạm vi và đặc điểm không gian thực hiện. Cuốn sách dùng bốn *dạng nhiệm vụ*. **Nhiệm vụ điểm** tập trung ở một vị trí, như kiểm tra mối nối trên cột, và đòi tiếp cận gần, giữ vị trí, đổi góc nhìn. **Nhiệm vụ tuyến** trải dọc một dải hẹp, như hành lang điện hay đường ống, nên phương tiện dành phần lớn thời gian để di chuyển. **Nhiệm vụ vùng** đòi phủ kín một khoảng rộng, như lập bản đồ hay phun trên cánh đồng, với mục tiêu không bỏ sót chỗ nào. **Nhiệm vụ vận chuyển** lấy chính việc đưa một vật thể từ chỗ này tới chỗ kia làm kết quả.

Giá trị của cách chia này là cho biết phương tiện sẽ tiêu phần lớn năng lượng vào việc gì: đứng yên, đi thẳng, quét đều hay chở nặng. Chính cách phân bổ năng lượng ấy, chứ không phải tên ngành, quyết định kiến trúc phù hợp. Hai hạng mục được kể ở đầu chương cùng thuộc ngành điện, nhưng một là nhiệm vụ điểm, một là nhiệm vụ tuyến.

Từ dạng nhiệm vụ, người dùng cần dựng một *hồ sơ nhiệm vụ* ngắn gọn như Hộp 4.1. Điều quan trọng nhất trong hồ sơ là tách hai loại yêu cầu mà người mua thường trộn lẫn.

Điều kiện bắt buộc quyết định có làm được việc hay không: nếu kỹ sư cần ảnh mặt dưới xà, phương tiện không giữ được vị trí sát kết cấu sẽ không làm được, dù bay nhanh hay xa đến đâu. Tiêu chí ưu tiên chỉ làm cho việc tốt hơn: nhanh hơn, xa hơn, thêm vài chế độ tự động.

Cách làm của chương vì thế là: điều kiện bắt buộc dùng để loại phương án trước; tiêu chí ưu tiên dùng để so sánh những phương án còn lại. Khi cả hai bị gộp vào một bảng chấm điểm, một phương tiện có thể thắng nhờ cộng dồn điểm ở mười tiêu chí phụ, trong khi trượt đúng tiêu chí duy nhất quyết định việc có làm được hay không.

HỘP 4.1. CÂU HỎI TRƯỚC KHI QUYẾT ĐỊNH – HỒ SƠ NHIỆM VỤ TÁM DÒNG

1. Kết quả cần bàn giao là gì, ai dùng?
2. Nhiệm vụ thuộc dạng nào: điểm, tuyến, vùng hay vận chuyển?
3. Mang tải gì, nặng khoảng bao nhiêu?
4. Đi bao xa hoặc phủ bao rộng; có phải giữ vị trí không?
5. Chỗ cất cánh và hạ cánh ở hai đầu rộng hẹp ra sao?
6. Gió, nhiệt độ, mưa tại hiện trường thế nào?
7. Cần kết quả sau bao lâu; làm một lần hay lặp lại?
8. Dòng nào ở trên là điều kiện bắt buộc, dòng nào chỉ là ưu tiên?

Hồ sơ vừa viết xong mà đã chỉ thẳng tới một sản phẩm cụ thể thì tức là đã chọn máy trước khi hiểu bài toán.

2. Ba kiến trúc lõi: nguyên lý và cái giá của từng lợi thế

Ở mức cần cho việc lựa chọn, phương tiện bay được phân biệt bằng cách nó tạo lực nâng, cách nó được điều khiển và cách nó cất hạ cánh. Theo đó có ba kiến trúc lõi: đa cánh quạt (multirotor), cánh cố định (fixed-wing) và lai cất, hạ cánh thẳng đứng (hybrid VTOL). Cục

Hàng không Liên bang Hoa Kỳ cũng dùng ba nhóm tương ứng khi mô tả phương tiện giao hàng.[47] Ba nhóm này không xếp thành bậc thang tiến hóa. Chúng cùng tồn tại vì mỗi nhóm dựa trên một nguyên lý bay khác nhau, và nguyên lý ấy vừa tạo ra lợi thế vừa định sẵn cái giá. Hình 4.2 (a, b, c) đặt ba nguyên lý cạnh nhau, Bảng 4.1 tóm tắt hệ quả của chúng; phần dưới đây chỉ giải thích vì sao lợi thế và cái giá đi liền nhau.

a) Cấu hình đa cánh quạt (Multirotor)

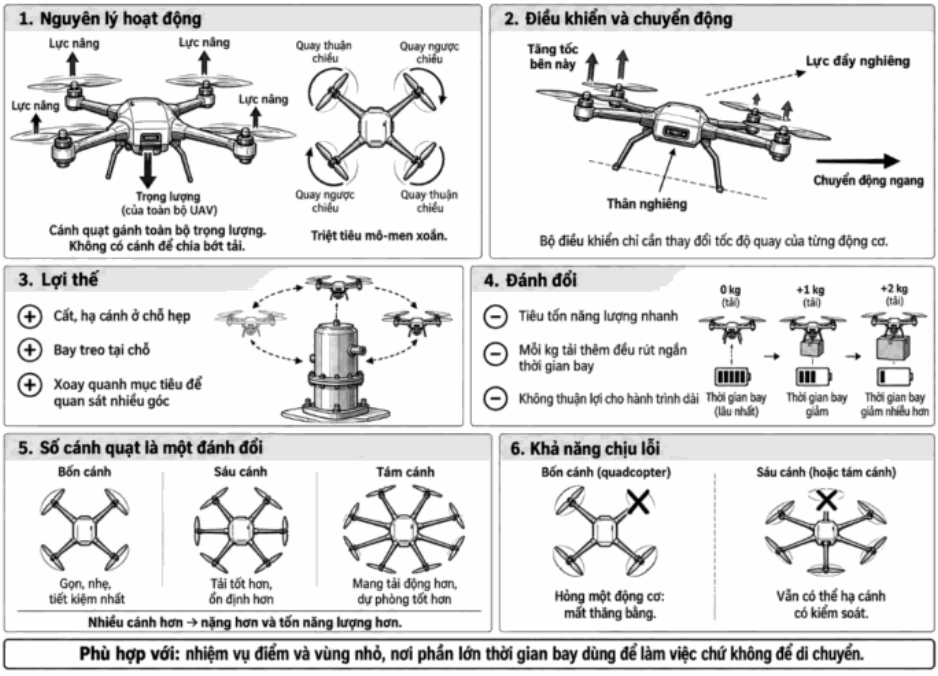
Phương tiện có từ ba cánh quạt nâng trở lên, phổ biến là bốn, sáu hoặc tám (Hình 4.1), với góc cánh cố định. Nó không cần cơ cấu phức tạp của trực thăng: bộ điều khiển bay chỉ thay đổi tốc độ quay của từng động cơ, hàng trăm lần mỗi giây. Một nửa số cánh quay thuận, nửa kia quay ngược để triệt tiêu mô-men xoắn; tăng tốc các cánh ở một phía thì thân nghiêng, lực đẩy nghiêng theo và kéo phương tiện đi. Nhờ vậy nó cất hạ cánh từ gần như bất cứ khoảng trống nào, dừng giữa không trung và xoay quanh một chi tiết để nhìn từ nhiều góc.



Hình 4.1. Một số cấu hình đa cánh quạt thường gặp

Chính nguyên lý ấy cũng đặt ra cái giá phải đánh đổi. Không có cánh để chia bớt tải trọng, cánh quạt phải liên tục tạo một lực bằng toàn bộ khối lượng phương tiện và tải, kể cả khi nó chỉ đang di chuyển từ chỗ này sang chỗ khác. Năng lượng tiêu nhanh và mỗi kg tải thêm đều rút ngắn thời gian bay. Số cánh quạt cũng là một đánh đổi: loại bốn cánh gọn và tiết kiệm nhất, nhưng hỏng một động cơ thì thường không còn

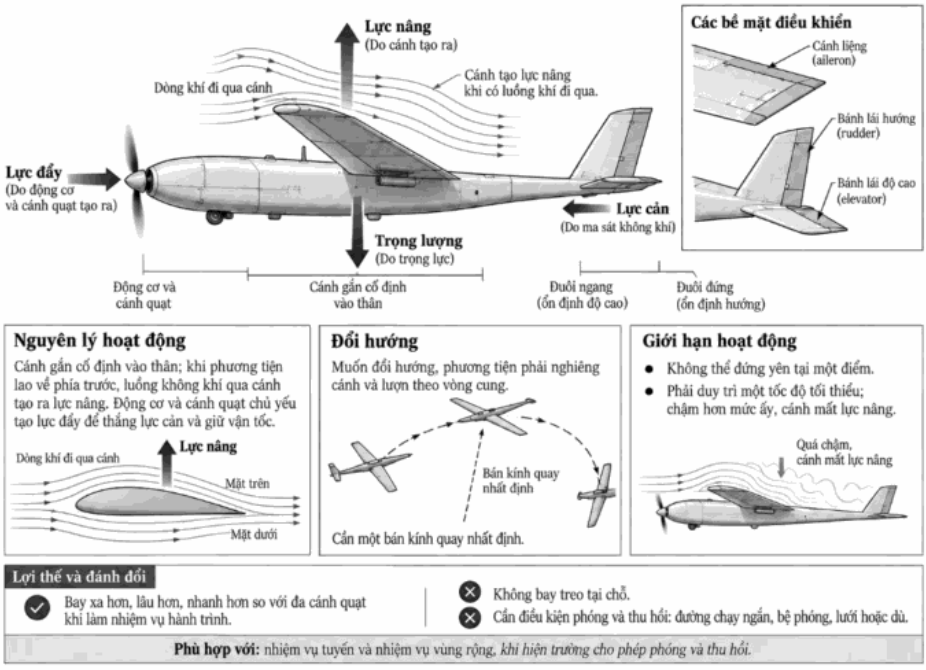
giữ được thăng bằng và hướng bay; loại sáu, tám cánh mang được tải nặng hơn và có dư lực đẩy, nên nhiều cấu hình vẫn có thể hạ cánh có kiểm soát khi một động cơ hỏng (được hay không còn tùy động cơ nào hỏng, tải đang mang, thuật toán điều khiển và gió lúc đó), đổi lại nặng hơn và tốn năng lượng hơn.



Hình 4.2a. Cấu hình đa cánh quạt: nguyên lý, lợi thế và cái giá

b) Cấu hình cánh cố định (Fixed-wing)

Phương tiện bay theo nguyên lý của máy bay thông thường. Khi nó lao về phía trước, luồng khí qua cánh tạo lực nâng và động cơ chỉ còn một việc là thắng lực cản để giữ vận tốc. Với cùng một lượng năng lượng, nó bay xa hơn, lâu hơn và nhanh hơn nhiều so với đa cánh quạt. Đổi lại, nó phải giữ một tốc độ tối thiểu, muốn đổi hướng phải nghiêng cánh lượn một vòng cung và không thể đứng yên trên một điểm. Để cất cánh và thu hồi, nó cần một đường chạy ngắn, một bệ phóng, một tấm lưới hay một chiếc dù. Lợi thế hành trình vì thế phụ thuộc vào điều kiện mặt đất ở hai đầu chuyến bay.

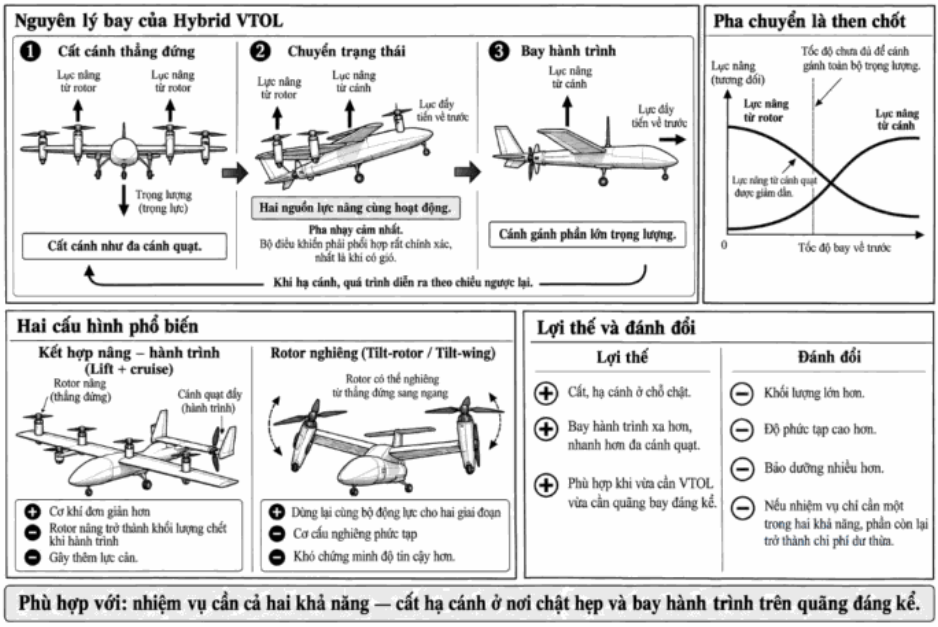


Hình 4.2b. Cấu hình cánh cố định: lực nâng đến từ cánh khi có vận tốc

c) Cấu hình lai cất, hạ cánh thẳng đứng (Hybrid VTOL)

Phương tiện cất cánh thẳng đứng như đa cánh quạt, tăng tốc về phía trước tới khi cánh đủ lực nâng, rồi chuyển sang bay như cánh cố định; lúc về thì ngược lại. Thời điểm chuyển là lúc khó nhất. Trong vài chục giây ấy, cánh chưa gánh hết trọng lượng còn lực nâng từ cánh quạt đang giảm dần, nên bộ điều khiển phải phối hợp hai nguồn lực nâng rất chính xác, nhất là trong gió. Có hai cách làm phổ biến. Cách kết hợp nâng và hành trình dùng hai bộ cánh quạt riêng để nâng và để đẩy: đơn giản về cơ khí, nhưng bộ cánh quạt nâng thành khối lượng thừa suốt hành trình. Với cách cánh quạt nghiêng, chính các cánh quạt được xoay từ phương đứng sang phương ngang, đổi lại cần cơ cấu nghiêng phức tạp và khó chứng minh độ tin cậy hơn. Một số mẫu còn dùng kiểu đuôi ngồi (tailsitter): cả thân máy dựng đứng khi cất, hạ cánh rồi ngả ra bay ngang như máy bay. Nhược điểm chung là khối lượng lớn hơn, cấu tạo phức tạp hơn và cần nhiều công bảo dưỡng hơn. Kiến trúc lai đáng tiền

khi nhiệm vụ thật sự cần cả hai khả năng: cất hạ cánh ở chỗ chật và một quãng hành trình đáng kể. Khi nhiệm vụ chỉ cần một trong hai, người khai thác vẫn phải chịu chi phí cho khả năng không cần sử dụng.



Hình 4.2c. Cấu hình lai cất, hạ cánh thẳng đứng

Hai mẫu khảo sát phổ biến cho thấy cái được của kiến trúc này. WingtraOne GEN II, kiểu đuôi ngồi, có khối lượng cất cánh tối đa 4,8 kg, mang được 800 g tải và được hãng công bố bay tới 59 phút tùy điều kiện.[114] Trinity Pro của Quantum Systems, kiểu kết hợp nâng và hành trình, nặng tối đa 5,75 kg khi cất cánh, được hãng công bố bay tới 90 phút và chụp phủ khoảng 700 hecta mỗi chuyến ở độ cao 120 m.[115] Các con số ấy đi kèm điều kiện đo của nhà sản xuất (mục 4). Hình 4.3 đặt dáng ngoài điển hình của một UAV lai cạnh một UAV cánh cố định.



Hình 4.3. Dáng ngoài điển hình của UAV cánh cố định (trái) và UAV lai cất, hạ cánh thẳng đứng (phải) (ảnh minh họa)

Đặt ba nguyên lý cạnh nhau, câu hỏi "nên dùng loại nào" hóa ra là câu hỏi về tỷ lệ: nhiệm vụ dành bao nhiêu phần thời gian để đứng yên, bao nhiêu để đi, và hai đầu chuyến bay rộng hẹp ra sao? Trả lời được điều đó, số phương án cấu hình phương tiện cần xem xét sẽ giảm đi.

BẢNG 4.1. Ba kiến trúc lõi: mỗi lợi thế kéo theo một cái giá và một đòi hỏi ở hai đầu chuyến bay

Tiêu chí	Đa cánh quạt	Cánh cố định	Lai cất, hạ cánh thẳng đứng
Lực nâng đến từ	Cánh quạt, liên tục	Cánh, khi có vận tốc	Cánh quạt lúc cất, hạ cánh; cánh lúc hành trình
Giỏi nhất ở	Giữ vị trí, đổi góc nhìn, cất hạ cánh ở chỗ hẹp	Bay xa, bay lâu, phủ rộng với ít năng lượng	Cất hạ cánh ở chỗ hẹp và đi một quãng dài
Cái giá	Tiêu năng lượng nhanh; tải thêm làm giảm mạnh thời gian bay	Không đứng yên được; phải giữ tốc độ tối thiểu	Nặng hơn, phức tạp hơn, bảo dưỡng nhiều hơn; pha chuyển nhạy cảm
Hai đầu chuyến bay cần	Một khoảng trống nhỏ	Đường chạy, bệ phóng, lưới hoặc dù	Một khoảng trống nhỏ
Dạng nhiệm vụ thường hợp	Điểm; vùng nhỏ; phun	Tuyến; vùng rộng	Tuyến hoặc vận chuyển khi hai đầu chật
Câu hỏi phải hỏi nhà cung cấp	Thời gian giữ vị trí trong gió khi mang đủ tải	Cách phóng và thu hồi tại đúng hiện trường	Bằng chứng pha chuyển ổn định trong gió

Nguồn: khung của các tác giả.

3. Các nhãn thương mại trên thị trường: tải trọng lớn, Drone-in-a-Box, eVTOL

Bảng giới thiệu sản phẩm của một hãng liệt kê sáu nhãn cạnh nhau: "UAV nhiều cánh quạt", "UAV cánh bằng", "UAV VTOL dạng lai", "tải trọng lớn", "Drone-in-a-Box" và "eVTOL". Người mua dễ nhầm đây là sáu "loại UAV". Thực ra, ba nhãn đầu cho biết phương tiện theo kiến trúc nào, ba nhãn sau nói về năng lực, nguồn động lực hay cách vận hành, như Hộp 4.2 phân biệt.

HỘP 4.2. BA NHÃN THƯƠNG MẠI KHÔNG PHẢI BA KIẾN TRÚC MỚI

Tải trọng lớn nói về năng lực mang tải. Phương tiện ấy vẫn bay theo một trong ba nguyên lý, chỉ kéo theo yêu cầu mới về năng lượng, kết cấu, điểm nạp và an toàn.

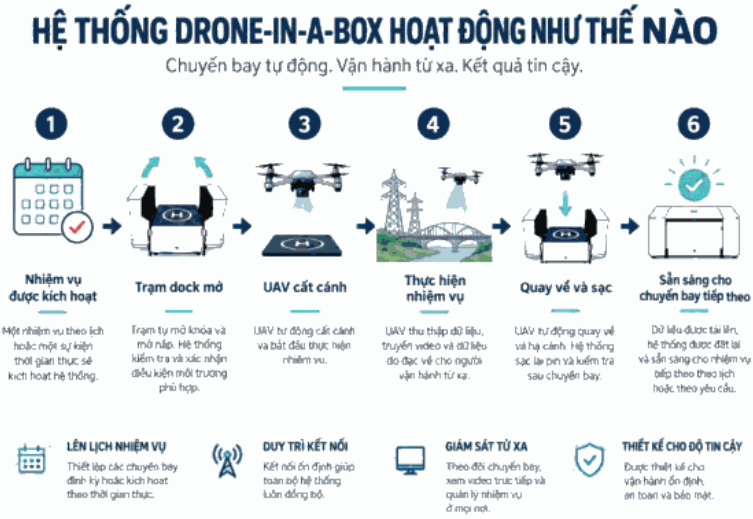
eVTOL chỉ phương tiện cất, hạ cánh thẳng đứng dùng động lực điện; bên trong có đủ các kiến trúc, từ đa cánh quạt thuần túy tới kết hợp nâng và hành trình hay cánh quạt nghiêng.[54]

Drone-in-a-Box là một cách tổ chức vận hành: phương tiện đặt trong một trạm tự cất cánh, nhận về, sạc và cất giữ. Gặp ba nhãn này, câu hỏi cần đặt luôn là: bên trong là kiến trúc nào?

Nhãn tải trọng lớn cũng cần đọc theo cách ấy. DJI giới thiệu FlyCart 100 là máy chở "tới 100 kg", với khối lượng cất cánh tối đa 170 kg. Nhưng bảng thông số của chính hãng ghi tải tối đa 85 kg khi lắp hai pin, và thông cáo ra mắt cho biết với hai pin máy mang 65 kg đi được 12 km; các quãng bay ấy được đo với pin mới, không gió, ở 25 °C và ở mực nước biển.[113] Tải trọng tối đa vì thế không phải một hằng số của phương tiện mà luôn đi kèm một cự ly, một độ cao và một điều kiện thời tiết: trực thăng không người lái TD550D được báo chí Trung Quốc dẫn là mang tối đa khoảng 200 kg ở mực nước biển nhưng chỉ còn khoảng 120 kg ở độ cao 5.000 m.[63] Ở đầu kia của phổ là những máy bay chở hàng không người lái cỡ lớn như FH-98, cải biến từ máy bay Y-5B, được công bố chở tối đa 1,5 tấn với tầm bay 1.200 km.[116] Loại

này hợp với tuyến trung chuyển giữa các trung tâm logistics hơn là giao tới từng điểm.

Nhãn Drone-in-a-Box hay được giới thiệu như cách đưa con người ra khỏi hiện trường. Trạm tự động (Hình 4.4) có giá trị khi một nhiệm vụ lặp lại đều đặn quanh một vị trí cố định có đủ điện, kết nối và người giám sát từ xa: nó giảm thao tác tại chỗ và rút ngắn thời gian giữa các lần bay, đổi lại hệ thống phụ thuộc nhiều hơn vào chính cái trạm, nguồn điện, mạng và việc bảo dưỡng. Con người không biến mất; công việc của họ chuyển từ thao tác trực tiếp sang thiết kế, giám sát và xử lý sự cố của cả hệ thống. Phần hạ tầng của trạm thuộc Chương 6.



Hình 4.4. Chu trình của một trạm Drone-in-a-Box (ảnh minh họa)

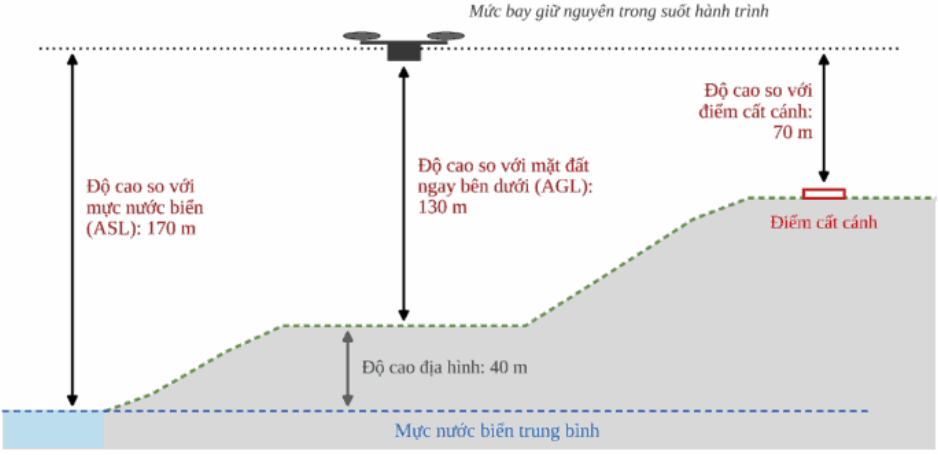
4. Các thông số chính trong hồ sơ nhiệm vụ

Bảng thông số mô tả sản phẩm trong điều kiện nhà sản xuất đã chọn; người mua phải quyết định cho điều kiện của chính mình. Phần lớn thất vọng sau khi mua bắt nguồn từ khoảng cách giữa hai điều kiện ấy. Bốn chỗ dễ đọc sai nhất cũng là bốn chỗ dễ loại nhầm phương án nhất.

Chỗ đầu tiên là khối lượng. Cơ quan An toàn hàng không Liên minh châu Âu (EASA) dùng *khối lượng cất cánh tối đa* để chỉ tổng khối lượng của phương tiện khi cất cánh, trong đó tải nhiệm vụ chỉ là một phần.[30] Một chiếc máy "nặng 25 kg" có khi chỉ mang được vài kg tải; phần còn lại là khung, pin, động cơ. Khối lượng của tải trọng nhiệm vụ cũng thường bị tính thiếu: với một máy được giới thiệu mang được 5 kg, một camera 1,5 kg, giá ổn định (gimbal) 0,8 kg, máy tính xử lý 0,5 kg, bộ định vị bổ sung 0,3 kg và một pin phụ 1 kg đã chiếm hơn 4 kg, chưa kể biên dự trữ. Tải ấy là gì và phục vụ việc gì là chuyện của Chương 5.

Chỗ thứ hai là tầm bay và thời gian bay. Hai đại lượng này trả lời hai câu hỏi khác nhau, và hồ sơ phương tiện nộp cho cơ quan hàng không Hoa Kỳ khai riêng chúng cùng với tốc độ.[40] Với cột vượt sông, con số cần hỏi là số phút giữ được vị trí trong gió khi mang camera. Với hành lang, đó là số cây số còn lại sau khi đã trừ phần năng lượng dự trữ để quay về.

Chỗ thứ ba là độ cao, vì cùng một chữ "độ cao" có thể là ba con số khác nhau (Hình 4.5).



Hình 4.5. Một chuyến bay, ba con số độ cao (số liệu minh họa)

Độ cao so với mực nước biển là cách dữ liệu hàng không mô tả vùng trời. Độ cao so với mặt đất ngay bên dưới quyết định khoảng cách

an toàn với chướng ngại vật và độ phân giải mặt đất của ảnh (Chương 5). Con số trên màn hình điều khiển thường lại là độ cao so với điểm cất cánh. Trên địa hình dốc, ba con số ấy có thể chênh nhau hàng chục mét. Các mốc 50 m và 120 m dùng để phân cấp thẩm quyền cấp phép bay ở Việt Nam được tính so với địa hình (Chương 19), nên một chuyến bay cất cánh trên đồi rồi bay ra thung lũng có thể vượt mốc trong khi màn hình vẫn báo một con số thấp hơn.

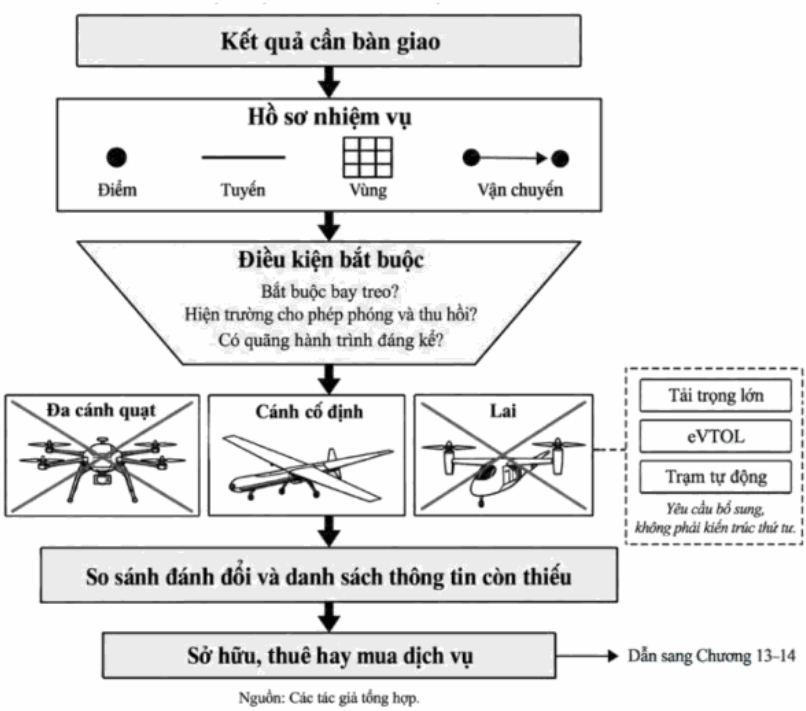
Chỗ thứ tư bao trùm mọi con số còn lại: thông số danh định khác năng lực thực hiện nhiệm vụ. Mỗi con số trong bảng gắn với một cấu hình tải, một nhiệt độ, một mức gió, và thường là một bộ pin còn mới. Lấy ví dụ DJI Matrice 350 RTK: thời gian bay tối đa 55 phút được đo khi máy không mang tải, không gió, bay ở khoảng 8 m/s cho tới khi pin cạn hẳn, và chính hãng ghi rõ là chỉ để tham khảo.[112] Ở một cánh đồng ba mươi tám độ, với tải đầy và pin đã qua vài trăm chu kỳ sạc, thời gian bay thực tế thấp hơn con số ấy một khoảng đáng kể. Việc của người mua là hỏi điều kiện đo, và đòi bằng chứng từ những lần bay lặp lại gần với nhiệm vụ của mình. Phương tiện làm được gì về kỹ thuật là một chuyện; được phép làm hay không thuộc khuôn khổ pháp lý ở Phần VI.

Khả năng chịu gió cho thấy rõ nhất khoảng cách ấy. Nó có ba mức: phương tiện còn bay và điều khiển được; phương tiện còn làm được nhiệm vụ; và sản phẩm thu về còn đạt chuẩn. Một chiếc máy chịu được gió 12 m/s chưa chắc chụp được ảnh cận cảnh đủ nét ở mức gió ấy. Thời gian bay cũng vậy: chiếc máy bay được lâu nhưng thay pin chậm chưa chắc làm được nhiều việc trong ngày hơn chiếc bay ngắn mà quay vòng nhanh. Chỉ tiêu đáng hỏi vì thế là khối lượng công việc đạt chuẩn trên một chu kỳ pin, như số hecta, số cây số tuyến hay số điểm kiểm tra, không phải số phút trên không.

5. Khung kết nối từ nhiệm vụ đến kiến trúc phương tiện

Hình 4.6, một khung của các tác giả, gom các mục trên thành một bộ lọc bốn tầng. Bộ lọc không biến quyết định thành một phép tính tự

động, mà giúp đơn vị đi từ nhu cầu thật tới vài phương án để cân nhắc trước khi cam kết.



Nguồn: Các tác giả tổng hợp.

Hình 4.6. Bản đồ quyết định bốn tầng: loại trước, so sánh sau

Tầng đầu lập hồ sơ nhiệm vụ từ kết quả cần bàn giao, với sự tham gia của chính người dùng kết quả. Tầng thứ hai dùng điều kiện bắt buộc để loại phương án, không chấm điểm, vì một điều kiện chỉ có thể được đáp ứng hoặc không. Tầng thứ ba so sánh đánh đổi giữa những phương án còn lại, và sản phẩm quan trọng nhất của nó lại là danh sách những gì chưa biết: nếu tải chưa xác định hay chưa có dữ liệu gió tại hiện trường, mọi tranh luận về mẫu máy đều còn sớm. Chỉ đến tầng cuối, tổ chức mới hỏi nên tự sở hữu, đi thuê hay mua dịch vụ.

6. Sở hữu, thuê hay mua dịch vụ

Đề nghị của bộ phận mua sắm có một điểm đúng: mục tiêu quản trị không phải sở hữu càng nhiều UAV càng tốt. Vấn đề nằm ở thứ tự ra quyết định: khi chưa rõ kiến trúc nào hợp với từng việc, mua một

chiếc "đa năng" chỉ biến một lựa chọn chưa chắc đúng thành tài sản cố định phải khấu hao nhiều năm. Chỉ khi đã có hồ sơ và kiến trúc của từng việc, tổ chức mới hỏi nên sở hữu, thuê phương tiện hay mua thẳng kết quả. Đây không còn là câu hỏi khí động học: câu trả lời phụ thuộc vào tần suất và độ khẩn cấp của nhu cầu, năng lực giữ phương tiện sẵn sàng, mức kiểm soát dữ liệu cần có, và thị trường đã có nhà cung cấp đủ sức chịu trách nhiệm về đầu ra hay chưa. Kiểm tra cột vượt sông lặp lại định kỳ, cần phản ứng nhanh khi có cảnh báo và sinh dữ liệu thuộc hồ sơ tài sản, nên nghiêng về tự sở hữu một đội đa cánh quạt nhỏ. Khảo sát hành lang chỉ vài lần mỗi năm lại cần một kiến trúc lai đòi bảo dưỡng chuyên sâu, nên mua dịch vụ hợp lý hơn: hai hồ sơ nhiệm vụ không buộc phải mua hai loại máy. Mức sử dụng thường quan trọng hơn giá mua: bộ thiết bị 500 triệu đồng chỉ bay 20 ngày mỗi năm có thể đắt hơn thuê theo chuyến, nhưng bay gần như mỗi ngày trong nhiều năm thì có thể rẻ hơn hẳn. Cấu trúc của các lựa chọn này thuộc Chương 13, phép tính thuộc Chương 14.

KẾT CHƯƠNG

Quay lại đề nghị ở cuối bản mô tả nhiệm vụ. Bộ lọc cho thấy đề nghị ấy mắc hai lỗi về thứ tự: nó gộp hai hồ sơ nhiệm vụ gần như đối nghịch vào một phương tiện, và nó đặt câu hỏi sở hữu trước câu hỏi kỹ thuật. Công ty vẫn có quyền chọn một mẫu dùng chung. Nhưng khi ấy họ cần nói rõ mình chấp nhận làm kém việc nào, kém tới mức nào, và trả thêm bao nhiêu cho mỗi lần làm, thay vì tin rằng thông số cao nhất sẽ tự lo mọi chuyện.

Chọn đúng phương tiện bay mới giải quyết được một nửa bài toán. Bay tới đúng chỗ, giữ đúng vị trí rồi vẫn chưa biết phương tiện phải mang gì, và chuyến bay phải tạo ra bằng chứng gì để người kỹ sư quyết định có thay chuỗi cách điện hay không. Chương 5 bắt đầu từ cuộc họp sau khi phương tiện đã chọn xong, lúc ba nhóm kỹ thuật, vận hành, dữ liệu tranh luận nên gắn lên nó những gì.

CHƯƠNG 5. CẢM BIẾN, TẢI TRỌNG, TRÍ TUỆ NHÂN TẠO VÀ DỮ LIỆU

Cuộc họp diễn ra ở phòng kỹ thuật của công ty truyền tải điện trong Chương 4, ba tuần sau khi phương án phương tiện cho cột vượt sông được chốt. Một đội đa cánh quạt nhỏ sẽ bay quanh chuỗi cách điện mỗi quý. Việc còn lại tưởng chỉ là chi tiết: gắn gì lên máy, và cuối cùng giao gì cho người phụ trách tài sản.

Đội kỹ thuật đề nghị tích hợp cả camera quang học, camera nhiệt và LiDAR để giảm nguy cơ bỏ sót. Đội vận hành nhắc rằng mỗi thiết bị thêm vào đều làm tăng khối lượng, điện năng, công tích hợp và hiệu chuẩn, nghĩa là bớt đi vài phút giữ vị trí trong gió. Nhóm dữ liệu hỏi một câu khác: ba nguồn dữ liệu có thực sự giúp quyết định tốt hơn, hay chỉ sinh thêm hàng trăm gigabyte phải lưu và xử lý mỗi quý?

Người phụ trách tài sản kéo cuộc trao đổi về mục tiêu. Ông không cần ba tập dữ liệu. Ông cần biết điểm nào trên cột phải kiểm tra trước, vì sao, và kết luận ấy đáng tin tới mức nào. Nếu cả ba loại cảm biến đều cần để trả lời câu hỏi ấy thì dùng cả ba. Nếu một loại đã đủ, thiết bị gắn thêm không tự sinh ra giá trị.

Chương 4 hỏi phương tiện bay nào tiếp cận được đúng vị trí cần thiết thì chương này hỏi chuyến bay phải mang về thứ gì. Câu hỏi dẫn đường là: *làm thế nào tổ chức chuỗi từ tải trọng, xử lý đến dữ liệu để chuyến bay tạo ra đầu ra đủ tin cậy cho người dùng ra quyết định hoặc hành động?*

1. Từ "mang gì" đến "giao gì"

Phương tiện bay giải bài toán đưa thiết bị tới đúng nơi và giữ nó hoạt động trong giới hạn của mình. Thiết bị mang theo mới quyết định UAV nhìn, đo hay làm được gì. Cuốn sách gọi toàn bộ thiết bị ấy là *tải trọng nhiệm vụ* (payload).

Một phần tải trọng là cảm biến (sensor), dùng để ghi nhận một hiện tượng vật lý: ánh sáng phản xạ, bức xạ nhiệt, khoảng cách. Phần còn lại là thiết bị tác nghiệp, dùng để làm thay đổi trạng thái thực: bình phun, cơ cấu rải, khoang hàng và móc thả. Từ đó có hai nhánh. Nhánh cảm nhận ghi hiện trường thành dữ liệu. Nhánh tác động thực hiện một quyết định tại hiện trường.

Cách gọi "drone AI" thường che đi cấu trúc ấy. Một nhiệm vụ kiểm tra cột vượt sông gồm camera ghi nhận ảnh, phần mềm sàng lọc, một mô hình AI đánh dấu vùng cần chú ý, một kỹ sư xác nhận và hệ thống quản lý tài sản tạo lệnh công tác. Giá trị nằm ở chỗ các mắt xích ấy nối được với nhau; nhãn "AI" dán trên vỏ máy không nói lên điều đó.

Vì thế nên thiết kế nhiệm vụ từ điểm cuối của dòng dữ liệu: quyết định cần được hỗ trợ. Hình 5.1 cho thấy năm bước của khung do các tác giả đề xuất, đọc từ trên xuống:

- Bước đầu xác định quyết định nào cần được hỗ trợ. Ở đây đó là thứ tự kiểm tra các điểm trên cột.

- Bước thứ hai xác định hiện tượng cần ghi nhận hay tác động cần thực hiện. Một mối nối tiếp xúc kém thường biểu hiện bằng nhiệt độ cao bất thường trước khi hỏng hẳn.

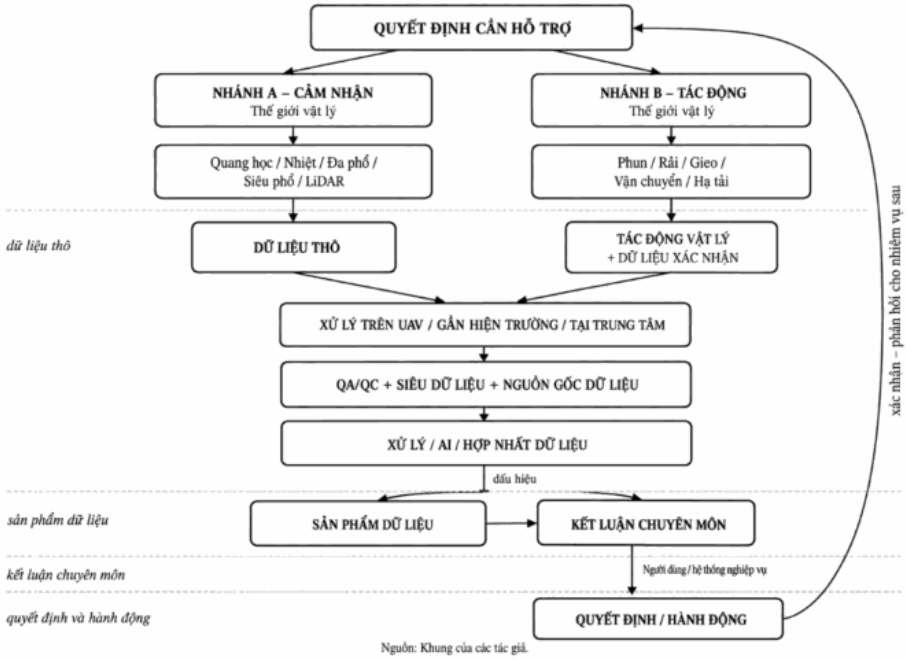
- Bước thứ ba chọn nhóm tải trọng, chưa cần tới hãng hay mẫu máy.

- Bước thứ tư xác định nơi xử lý, cách kiểm soát chất lượng và dữ liệu gốc nào phải giữ lại để kiểm tra.

- Bước cuối xác định sản phẩm giao cho ai, giới hạn của nó, và cách biết hành động sau đó đã có kết quả.

Khung này giúp việc chọn công nghệ luôn quay về một câu hỏi: người dùng cuối cùng nhận được gì và làm gì khác đi nhờ nó?

Thiết kế đi từ trên xuống, nhưng giá trị chỉ xuất hiện khi dữ liệu được xử lý và sử dụng để hỗ trợ quyết định đặt ra ban đầu. Một chuyến bay dừng ở khâu ghi nhận, với vài trăm tấm ảnh nằm trong ổ cứng, đã phát sinh chi phí nhưng người phụ trách tài sản vẫn chưa có căn cứ để ra quyết định.



Nguồn: Khung của các tác giả.

Hình 5.1. Thiết kế đi từ trên xuống, giá trị đi từ dưới lên: chuỗi từ quyết định cần hỗ trợ tới hành động được xác nhận

2. Chọn tải trọng theo câu hỏi, không theo tên cảm biến

Danh mục cảm biến gắn được lên UAV mỗi năm một dài, nên nếu bắt đầu từ thiết bị, người mua dễ bị rối. Vậy nên câu hỏi cần đặt ra là người dùng cần hiểu thuộc tính vật lý nào?

Nếu câu hỏi là bề mặt có gì khác thường mà mắt người nhận ra được, như vết nứt, vết cháy hay vật lạ mắc trên dây, camera quang học thường đã đủ. Đây là cảm biến thụ động: nó ghi nhận năng lượng phản xạ hoặc phát ra trong dải mà hệ quang học được thiết kế để nhận.[53] Nhưng một tấm ảnh rõ và một bằng chứng tốt là hai chuyện: ánh sáng,

góc chụp, che khuất và chuyển động đều làm thay đổi ý nghĩa của tấm ảnh. Số megapixel chỉ cho biết về thiết bị, không cho biết tấm ảnh có đáp ứng yêu cầu nghiệp vụ hay không. Con số hữu ích hơn là độ phân giải mặt đất (GSD), tức kích thước thực trên mặt đất mà một điểm ảnh biểu diễn. Muốn thấy một vết nứt rộng vài mi-li-mét thì GSD thường phải nhỏ hơn bề rộng ấy, mà GSD lại tăng khi bay cao hơn so với mặt đất (Hình 4.5): bay thấp thấy rõ hơn nhưng cần nhiều đường bay, nhiều ảnh và nhiều giờ xử lý hơn.

Nếu cần phát hiện sự bất thường về nhiệt, như với mối nối trên cột vượt sông, phải ghi nhận bức xạ nhiệt. Camera nhiệt cho thấy phân bố nhiệt trên trường nhìn, nhưng việc đọc ảnh nhiệt phụ thuộc không chỉ vào nhiệt độ mà còn vào độ phát xạ của vật liệu.[57] Một mối nối nhôm sáng bóng và một mối nối đã ô-xy hóa ở cùng nhiệt độ hiện lên khác nhau trên ảnh. Một vùng nóng khác thường vì thế là dấu hiệu cần xem; nguyên nhân phải do người kỹ sư kết luận. Cũng cần phân biệt ảnh nhiệt dùng để so sánh tương đối, như pha này nóng hơn hai pha kia, với phép đo nhiệt độ tuyệt đối. Phép đo đòi hiệu chuẩn, khai báo độ phát xạ, khoảng cách và điều kiện khí quyển; thiếu những bước ấy, con số độ C trên ảnh chỉ nên đọc như một chỉ dẫn.

Nếu câu hỏi là đặc tính phản xạ ngoài dải mắt thường, như sức khỏe của tán lá, mới cần đến cảm biến đa phổ hoặc siêu phổ. Đa phổ ghi nhận một số dải được chọn trước; các chỉ số như NDVI (chỉ số thực vật, phản ánh độ xanh của tán lá) là kết quả tính từ dữ liệu ấy, không phải tên một loại cảm biến. Siêu phổ ghi nhận nhiều dải hẹp hơn, đổi lại đòi hiệu chuẩn, lưu trữ và xử lý nặng hơn hẳn. Nhiều dải phổ hơn chỉ đáng tiền khi bài toán thật sự cần phân biệt những khác biệt tinh mà ít dải không bắt được.

Nếu câu hỏi là hình học ba chiều, như khoảng cách từ ngọn cây tới dây dẫn, mới nên tính tới LiDAR hoặc một phương pháp đo hình học phù hợp. LiDAR là cảm biến chủ động: nó phát xung laser và đo tín hiệu phản hồi để tính khoảng cách.[56] Từ dữ liệu ấy mới dựng được

đám mây điểm, rồi từ đám mây điểm mới tạo được mô hình độ cao số.[58]

Một hệ LiDAR trên UAV gồm đầu quét laser, bộ thu định vị vệ tinh, bộ đo quán tính và cơ chế đồng bộ thời gian; sai số của bất kỳ khâu nào cũng đi vào tọa độ của từng điểm. Vì thế mật độ điểm cao không tự đồng nghĩa với độ chính xác cao. Khi nghiệm thu một sản phẩm LiDAR, cần hỏi hệ quy chiếu, sai số vị trí và độ cao, cách phân loại điểm mặt đất và độ khớp giữa các dải quét. Đổi lại, một đám mây điểm tốt dùng lại được: khi có câu hỏi mới, nó có thể được xử lý lại mà không phải bay lại.

Bảng 5.1 đặt năm câu hỏi cạnh nhau, kể cả câu hỏi của nhánh tác động. Với cột vượt sông, câu trả lời gọn: camera nhiệt trả lời câu hỏi chính, camera quang học giúp kỹ sư nhìn ra chỗ nóng nằm ở chi tiết nào, còn LiDAR chưa cần đến trong nhiệm vụ này. Nó sẽ cần, nếu năm sau công ty cần đo khoảng cách từ cây tới dây trên hành lang bốn mươi cây số.

BẢNG 5.1. Tên cảm biến đến sau câu hỏi: từ câu hỏi nghiệp vụ tới cách xác nhận

Câu hỏi nghiệp vụ	Thuộc tính cần ghi nhận	Nhóm tải trọng	Sản phẩm dữ liệu điển hình	Dễ đọc sai khi	Cách xác nhận
Bề mặt có gì khác thường mà mắt thấy được?	Ánh sáng phản xạ trong dải nhìn thấy	Camera quang học	Ảnh đã hiệu chỉnh, ảnh trực giao, lớp vị trí cần xem	Ánh sáng, góc chụp, che khuất thay đổi	Kiểm tra trực tiếp; ảnh lần bay sau
Có điểm nhiệt bất thường không?	Bức xạ nhiệt bề mặt	Camera nhiệt	Bản đồ nhiệt, danh sách điểm nóng	Độ phát xạ vật liệu, nắng chiếu, mức tải lúc bay	Đo tại chỗ; ảnh nhiệt sau sửa

Cây trồng, thảm phủ khác nhau ra sao ngoài dải mắt thường?	Phản xạ ở các dải phổ chọn trước hoặc nhiều dải hẹp	Đa phổ, siêu phổ	Chỉ số như NDVI, bản đồ chuyên đề	Hiệu chuẩn, giờ bay, giai đoạn mùa vụ	Kiểm tra mẫu thực địa
Khoảng cách, độ cao, hình dạng ba chiều thế nào?	Khoảng cách từ cảm biến tới bề mặt	LiDAR hoặc phương pháp đo hình học khác	Đám mây điểm, mô hình độ cao số	Coi đám mây điểm là mô hình hoàn chỉnh	Đo kiểm tại điểm khống chế
Tác động đã đạt yêu cầu chưa?	Vị trí, thời gian, trạng thái cơ cấu	Thiết bị tác nghiệp kèm cảm biến ghi trạng thái	Nhật ký nhiệm vụ, vệt phun, xác nhận bàn giao	Coi "cơ cấu đã chạy" là "tác động đã đạt"	Đối chiếu ranh thửa; kiểm tra mẫu; xác nhận của người nhận

3. Khi UAV tác động vào thế giới vật lý

Ở nhánh tác động, câu hỏi "đã hoàn thành chưa" khó hơn người ta tưởng. Hợp đồng 400 hecta của người thanh niên ở Chương 2 cho thấy rõ điều đó. Hợp tác xã không trả tiền theo lượt bay mà theo diện tích đã phun đúng lịch. Máy đã bay hết các đường bay, bơm đã chạy, bình đã cạn: ba điều ấy chứng minh thiết bị đã hoạt động. Thuốc có tới đúng thửa, đúng liều, trong khung ngày của lịch phòng trừ hay không là một câu hỏi khác.

Tiêu chí hoàn thành vì thế phải gắn với kết quả cần tạo ra, và cách xác nhận phải được thiết kế từ trước chuyến bay. Với việc phun, bằng chứng gồm:

- nhật ký nhiệm vụ có vị trí và thời gian;
- trạng thái bơm theo từng đoạn bay và lưu lượng ghi được;
- phần đối chiếu với ranh thửa đã thống nhất;
- khi cần, một lần kiểm tra thực địa theo mẫu.

Với việc giao hàng, bằng chứng là xác nhận của người nhận, vì UAV tới điểm giao và hàng tới tay người nhận là hai sự kiện khác nhau. Nguyên tắc chung là mọi tác động phải có cách để được xác nhận, và cách ấy phải được hai bên thống nhất trước khi có tranh chấp.

Hai nhánh cảm nhận và tác động thường nối với nhau thành một vòng. Dữ liệu khoanh vùng sâu bệnh giúp quyết định phun ở đâu; sau khi phun, cần một lần ghi nhận nữa để biết tác động đã diễn ra như dự kiến. Chương 8 sẽ đi sâu vòng ấy trong nông nghiệp. Với người thanh niên, phần bằng chứng ấy quyết định 400 hecta được thanh toán hay bị trừ tiền.

4. Xử lý ở đâu: kết quả cần có trước lúc nào?

Dữ liệu được xử lý ở ba nơi: ngay trên UAV, ở một thiết bị gần hiện trường, hoặc ở trung tâm. Cuộc thảo luận về nơi xử lý dữ liệu thường sa vào việc lựa chọn chip, trong khi câu hỏi đúng đơn giản hơn: kết quả cần có vào lúc nào để người sử dụng còn kịp đưa ra quyết định khác?

Giả sử cảnh báo phải xuất hiện trước khi UAV rời cột, để người vận hành chụp thêm cận cảnh chỗ nóng ngay trong chuyến bay ấy. Khi đó một phần xử lý phải nằm trên phương tiện hoặc trên máy tính bảng trong tay người vận hành. Còn nếu kỹ sư chỉ xem kết quả sau ca, việc xử lý trong vài mi-li-giây không tạo thêm giá trị nào. “Thời gian thực” không phải thứ để khoe; độ trễ chỉ có ý nghĩa khi so với thời điểm phải ra quyết định.

Mỗi phương án đều có ưu điểm và hạn chế riêng. Xử lý trên phương tiện cho phản hồi sớm và vẫn chạy khi mất kết nối, nhưng làm tăng điện năng tiêu thụ và khối lượng thiết bị, qua đó có thể rút ngắn thời gian giữ vị trí mà Chương 4 đã phân tích. Xử lý tập trung hợp với những việc cần dữ liệu lịch sử hay tài nguyên tính toán lớn. Phần lớn hệ thống thực tế chia việc: phần cần phản ứng sớm đặt gần nguồn, phần phân tích sâu đặt ở trung tâm.[51] Dù chia thế nào, hai thứ không được

bỏ: dữ liệu gốc đủ để xử lý lại khi có nghi vấn, và ghi chép phiên bản phần mềm đã tạo ra mỗi đầu ra. Chương 6 bổ sung điều kiện kết nối cho lựa chọn này.

5. AI diễn giải dữ liệu, không thay thế dữ liệu

AI chỉ làm việc trên dữ liệu mà cảm biến đã ghi nhận. Nếu camera không ghi được hiện tượng cần thấy, hoặc điều kiện bay khác xa điều kiện mô hình từng được kiểm tra, một mô hình mạnh đến đâu cũng không bù được bằng chứng vật lý còn thiếu.

Trong các nhiệm vụ UAV, AI thường làm bốn loại việc: phân loại đối tượng, phát hiện vị trí đáng chú ý, so sánh thay đổi giữa các lần bay, và xếp thứ tự ưu tiên. Bốn việc ấy khác nhau về bản chất, và mỗi việc cần được kiểm tra theo cách riêng.

Quan trọng hơn là xác định kết quả AI đưa ra có tư cách gì. Khi mô hình đánh dấu ba điểm nóng trên chuỗi cách điện, nó mới nói rằng ba điểm ấy đáng xem theo logic của mô hình. Cuốn sách gọi đầu ra ấy là *dấu hiệu* (Hộp 5.1). Dấu hiệu cho kỹ sư biết nên nhìn chỗ nào trước; mối nối có hỏng hay không vẫn chờ người kết luận. Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Hoa Kỳ (NIST) nhấn mạnh rằng tính hợp lệ và độ tin cậy của AI phải được đánh giá trong bối cảnh sử dụng cụ thể, gắn với dữ liệu, mô hình và cách con người tương tác với hệ thống.[50]

Một dấu hiệu có thể sai theo hai kiểu, và mỗi kiểu phải được cân theo hậu quả của nó. Cảnh báo nhầm làm đội kỹ thuật tốn thêm một lượt leo cột. Bỏ sót để lại một mối nối đang nóng dần trên đường dây đang mang tải. Với cột vượt sông, hậu quả của việc bỏ sót có thể nghiêm trọng hơn nhiều, nên ngưỡng của mô hình cần được chỉnh để chấp nhận thêm cảnh báo nhầm. Một con số "độ chính xác 95%" chung chung không trả lời được câu hỏi này. Hai đại lượng cần đọc là độ chính xác dương (precision), tỷ lệ cảnh báo đúng trong số các cảnh báo đã phát ra, và độ nhạy (recall), tỷ lệ điểm hỏng thật mà mô hình bắt được; với cột vượt sông, độ nhạy là chỉ số phải giữ cao.

Cách duy nhất để biết mô hình sai ở đâu là so dấu hiệu với *đối chứng thực địa*: những lần kỹ sư thật sự lên cột và ghi lại điều mình thấy. Đối chứng ấy cũng là nguồn dữ liệu quý nhất để cải tiến mô hình cho mùa sau.

AI cũng không xóa chi phí mà dời nó sang chỗ khác. Khoản tiết kiệm nhân công khi mô hình sàng lọc hàng chục nghìn ảnh thay cho người là thật, nhưng chi phí chuyển sang việc gán nhãn dữ liệu, huấn luyện, kiểm thử, theo dõi mô hình sau triển khai và cập nhật khi thiết bị hay mùa vụ thay đổi. Vì thế, bộ dữ liệu đã gán nhãn và có đối chứng thực địa cho một ngành cụ thể có thể trở thành tài sản đáng giá nhất của một doanh nghiệp dịch vụ, hơn cả đội máy (Chương 12).

HỘP 5.1. NĂM CÂU HỎI TRƯỚC KHI TIN MỘT DẤU HIỆU DO AI TẠO RA

1) Mô hình làm việc gì: phân loại, phát hiện, so sánh thay đổi hay xếp ưu tiên?
2) Nó đã được kiểm tra trên dữ liệu gần với điều kiện ở đây (ánh sáng, mùa, vật liệu, thiết bị) chưa?
3) Với quyết định này, cảnh báo nhầm hay bỏ sót gây thiệt hại lớn hơn, và ngưỡng đã chỉnh theo đó chưa?
4) Ai xác nhận dấu hiệu trước khi nó thành kết luận?
5) Có truy được dấu hiệu về dữ liệu gốc, phiên bản mô hình và thời điểm xử lý không?

6. Đầu ra: từ dữ liệu thô đến dữ liệu sản phẩm

Đến đây, câu hỏi của người phụ trách tài sản được trả lời bằng một thang bốn bậc. Mỗi tệp, bản đồ hay dòng cảnh báo được tạo ra từ chuyến bay đều thuộc một trong bốn bậc ấy. Cuốn sách gọi chúng là bốn *tư cách đầu ra* (Hình 5.2).

Bậc thứ nhất là *dữ liệu thô*: ảnh, video, dữ liệu nhiệt, dữ liệu phổ, phản hồi LiDAR, vị trí, tư thế của phương tiện và nhật ký bay. Dữ liệu thô chưa trả lời câu hỏi nào, nhưng là thứ duy nhất cho phép xử lý lại và đối chứng khi có tranh cãi. Người chịu trách nhiệm ở bậc này là

người vận hành: họ bảo đảm dữ liệu được ghi nhận đúng quy trình, đúng cấu hình, đúng điều kiện đã định.

Bậc thứ hai là *sản phẩm dữ liệu*: đầu ra đã được xử lý cho một mục đích xác định. Đó có thể là bản đồ nhiệt của chuỗi cách điện, ảnh trực giao (ảnh ghép đã nắn đúng tỷ lệ như bản đồ) của một cánh đồng, đám mây điểm của một hành lang, hay danh sách ba điểm mà mô hình AI đánh dấu. Dấu hiệu của AI nằm ở bậc này. Người chịu trách nhiệm là đơn vị xử lý: họ bảo đảm việc hiệu chỉnh, tham chiếu tọa độ và kiểm soát chất lượng đã được làm đúng.

Bậc thứ ba là *kết luận chuyên môn*: một người đủ chuyên môn dùng sản phẩm dữ liệu để trả lời câu hỏi nghiệp vụ và ký tên. "Mối nối pha B ở tầng xà dưới nóng bất thường so với hai pha còn lại, nghi tiếp xúc kém, cần kiểm tra trong tuần" là một kết luận. Ở bậc này, dữ liệu mới trở thành thông tin cho một lựa chọn. Người chịu trách nhiệm là kỹ sư.

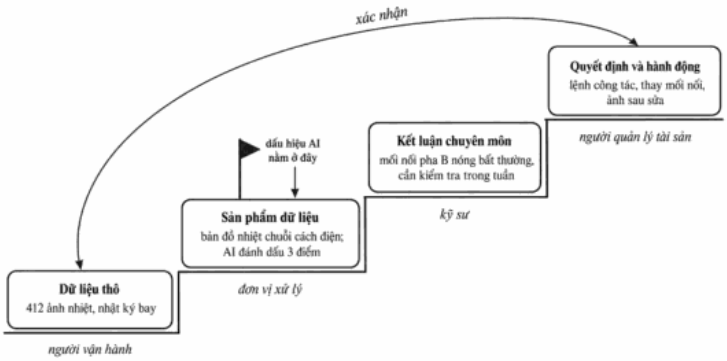
Bậc thứ tư là *quyết định và hành động*: người có thẩm quyền phê duyệt lệnh công tác, đội kỹ thuật lên cột thay mối nối, và kết quả được ghi nhận bằng ảnh sau sửa hay một phép đo mới. Người chịu trách nhiệm là người quản lý tài sản.

Quy tắc của thang rất đơn giản: mỗi bậc đi lên cần thêm một người chịu trách nhiệm và không được lặng lẽ bỏ qua bậc nào. Khi một báo cáo đi thẳng từ "AI phát hiện ba điểm" tới "đã xử lý xong sự cố", người đọc báo cáo không biết ai đã kết luận, ai đã quyết và nếu sai thì sai ở đâu. Thang này cũng giúp bên mua và bên bán mô tả đầu ra trong hợp đồng theo cùng một cách: bên mua và bên bán cần ghi rõ đầu ra được giao ở tư cách nào, nối tiếp các điểm dừng cam kết của Chương 2, từ bậc dữ liệu thô trở lên.

Thang cần hai điều kiện bảo đảm. Thứ nhất là kiểm soát và bảo đảm chất lượng (QA/QC) chạy suốt chuỗi, thay vì một bước kiểm tra sau cùng: lỗi ghi nhận, sai tham chiếu hay đổi phiên bản phần mềm giữa

chừng đều làm một tệp trông hoàn chỉnh mất ý nghĩa. Thứ hai là siêu dữ liệu và thông tin nguồn gốc dữ liệu (provenance). Siêu dữ liệu cho biết dữ liệu là gì, được ghi nhận ở đâu, khi nào, bằng cấu hình nào.[55] Định dạng cũng là một phần của khả năng dùng lại: ảnh có tham chiếu địa lý theo chuẩn GeoTIFF, hay biến thể Cloud Optimized GeoTIFF cho phép đọc từng phần của một ảnh rất lớn mà không phải tải cả tệp, giúp sản phẩm đi thẳng vào hệ thống thông tin địa lý và hệ thống quản lý tài sản của bên mua.

Thông tin nguồn gốc dữ liệu cho phép truy một kết luận ngược về sản phẩm, về dữ liệu thô, về phiên bản xử lý và những người đã tham gia.[25] Hai yếu tố ấy không bảo đảm đầu ra đúng, nhưng giúp hiểu, kiểm chứng và truy ngược được nó khi đi qua nhiều bên trước khi tới người quyết định.



Hình 5.2. Mỗi bậc của đầu ra cần một người chịu trách nhiệm

7. Từ kết luận đến hành động được xác nhận

Một tệp đúng định dạng, tọa độ chính xác, độ phân giải đủ vẫn vô ích nếu tới muộn, trả lời sai câu hỏi, hoặc người nhận không biết phải làm gì với nó. Chất lượng dữ liệu là điều kiện cần; chất lượng của quyết định là chuyện khác.

Khoảng cách giữa kết luận và hành động cũng dài hơn người ta tưởng. Hệ thống đánh dấu điểm A. Kỹ sư kết luận điểm A cần kiểm tra trước. Người có thẩm quyền phê duyệt lệnh công tác. Đội kỹ thuật lên

cột. Kết quả thực địa xác nhận hoặc bác bỏ nhận định ban đầu. Đó là năm trạng thái khác nhau, do những người khác nhau chịu trách nhiệm. Một hệ thống chỉ lưu trạng thái đầu và trạng thái cuối đã bỏ qua chính những khâu hình thành trách nhiệm và giá trị.

Bước cuối, xác nhận, là bước hay bị bỏ nhất. Sau khi thay mối nối, một lần bay nhiệt kiểm tra lại cho biết điểm nóng đã hết hay chưa. Kết quả thực địa khớp với dấu hiệu ban đầu thì thành đối chứng giúp mô hình tốt hơn ở lần sau; nếu không khớp thì giả định, quy trình hoặc mô hình cần được điều chỉnh. Thiếu bước này, tổ chức không bao giờ biết hệ thống của mình đang đúng hay đang may.

Quay lại cuộc họp. Thứ người phụ trách tài sản cần sau mỗi quý là một danh sách ngắn: điểm nào cần kiểm tra trước, vì sao, mức tin cậy tới đâu, giới hạn nào cần biết, và ai đã kết luận. Từ danh sách ấy ông lập lệnh công tác, và một quý sau, chuyến bay kế tiếp cho ông biết lệnh ấy đã tạo ra kết quả hay chưa. Thay vì bàn về ba tập dữ liệu do đội kỹ thuật đề xuất, cuộc họp tập trung vào hai câu hỏi đúng: thiết bị nào trả lời được câu hỏi của ông, và ai ký vào câu trả lời ấy.

KẾT CHƯƠNG

Giá trị của UAV không nằm riêng ở khả năng bay, số cảm biến hay sức mạnh của AI. Nó nằm ở cách một nhu cầu thực được chuyển thành bằng chứng phù hợp, đi tới đúng người, làm thay đổi quyết định, dẫn tới hành động và được xác nhận bằng kết quả.

Một chuyến bay chưa phải sản phẩm. Một sản phẩm dữ liệu chưa phải thông tin. Thông tin chưa tự trở thành quyết định; quyết định cũng chưa có nghĩa hành động đã xảy ra. Chỉ khi các mắt xích ấy nối được với nhau, công nghệ mới trở thành năng lực nghiệp vụ.

Với doanh nghiệp, chuỗi ấy còn chia thành ba nấc kinh doanh, khác với bốn tư cách đầu ra. Chỉ có phương tiện thì bán được năng lực bay. Có thêm cảm biến và quy trình xử lý thì bán được dịch vụ quan trắc. Nối được dữ liệu với tri thức ngành và người ký kết luận thì bán

được hỗ trợ quyết định, nấc khó bị thay thế nhất. Chương 12 sẽ quay lại câu hỏi doanh nghiệp nên đứng ở nấc nào.

Đến đây, đã rõ UAV mang gì, giao gì và giao cho ai. Nhưng trên bầu trời của một khu công nghiệp hay một đô thị, nó không bay một mình. Khi nhiều phương tiện của nhiều chủ thể cùng dùng một khoảng trời, toàn hệ thống phải biết gì về chúng, và ai giữ bức tranh chung ấy? Đó là câu hỏi của Chương 6.

CHƯƠNG 6. HẠ TẦNG SỐ VÀ QUẢN LÝ GIAO THÔNG TẦM THẤP

Bảy giờ sáng ở một khu kinh tế ven sông, có tới năm hoạt động bay đang diễn ra: một UAV chở hàng từ kho ra cảng, đội bay của công ty truyền tải điện kiểm tra đoạn đường dây đi ngang khu; một nhóm truyền thông quay phim cho lễ khánh thành nhà máy, một UAV khác đang khảo sát công trường; gần đó, một nhiệm vụ công vụ được ưu tiên vừa báo sẽ bay qua trong mười lăm phút tới.

Lúc sáu giờ, một cần cẩu tháp cao sáu mươi mét vừa lắp xong ở góc công trường bắt đầu hoạt động. Hệ thống của đơn vị khảo sát đã cập nhật chướng ngại vật mới; hệ thống của đội truyền tải thì chưa. Chiếc UAV quay phim đang tạm mất một dòng tín hiệu nhận dạng. Năm hoạt động dùng ba nền tảng khác nhau, và không bên nào nhìn thấy đầy đủ ý định của các bên còn lại.

Ở Chương 5, mỗi chiếc UAV có thể biết mình đang làm gì, ở đâu, nhận dữ liệu gì và đầu ra cần tạo là gì. Nhưng ở đây, trong cùng khu kinh tế, không chiếc nào biết đủ về những chiếc còn lại và không ai giữ một bức tranh chung cho cả năm. Năng lực bay của từng phương tiện không tự cộng lại thành năng lực giao thông của cả hệ thống.

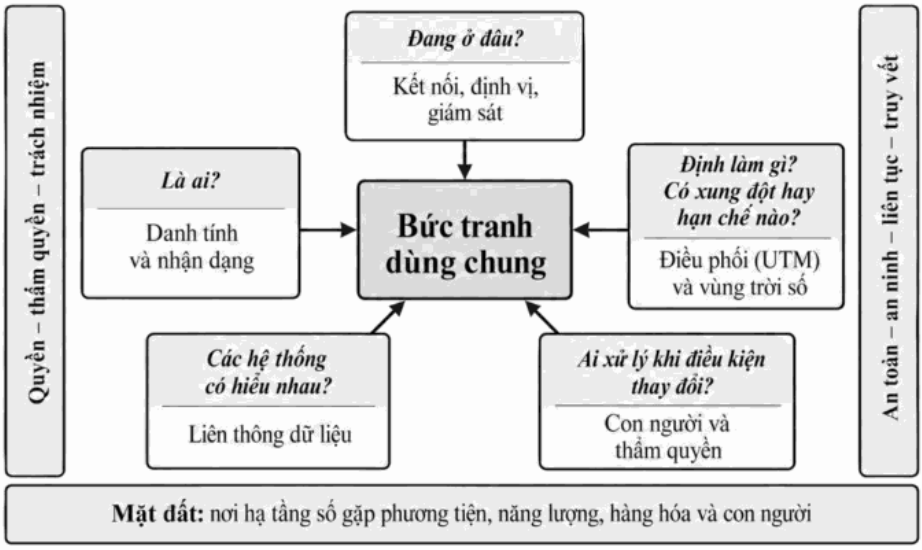
Câu hỏi trọng tâm của chương vì thế là: *những năng lực số, dịch vụ điều phối và nút hạ tầng nào phải phối hợp với nhau để một không gian tầm thấp hữu hạn có thể vận hành an toàn và mở rộng được cho nhiều phương tiện cùng khai thác?*

1. Năm câu hỏi của một bầu trời dùng chung

Khi nhiều chủ thể cùng dùng chung một khoảng trời, nhu cầu của họ chồng lên nhau cả về không gian lẫn thời gian. Bài toán chuyển từ điều khiển một phương tiện sang tổ chức việc dùng chung một tài nguyên hữu hạn.

Muốn tổ chức được, trước hết phải "nhìn thấy" ở cấp hệ thống, tức là phải trả lời được năm câu hỏi (Hình 6.1): Phương tiện đang ở đâu? Đó là ai? Nó định làm gì? Có xung đột hay hạn chế nào? Và ai chịu trách nhiệm xử lý khi điều kiện thay đổi? Buổi sáng ở khu kinh tế cho thấy mỗi câu hỏi đều có chỗ chưa trả lời được. Chiếc máy quay phim vẫn hiện trên màn hình nhưng tạm thời không nhận dạng được. Cần cẩu là một hạn chế mới mà chỉ một nửa hệ thống biết. Nhiệm vụ ưu tiên làm đổi kế hoạch của bốn bên còn lại, nhưng chưa rõ ai có quyền yêu cầu họ đổi.

HÌNH 6.1. Bầu trời dùng chung cần nhiều lớp kỹ thuật và quản lý cùng chạy

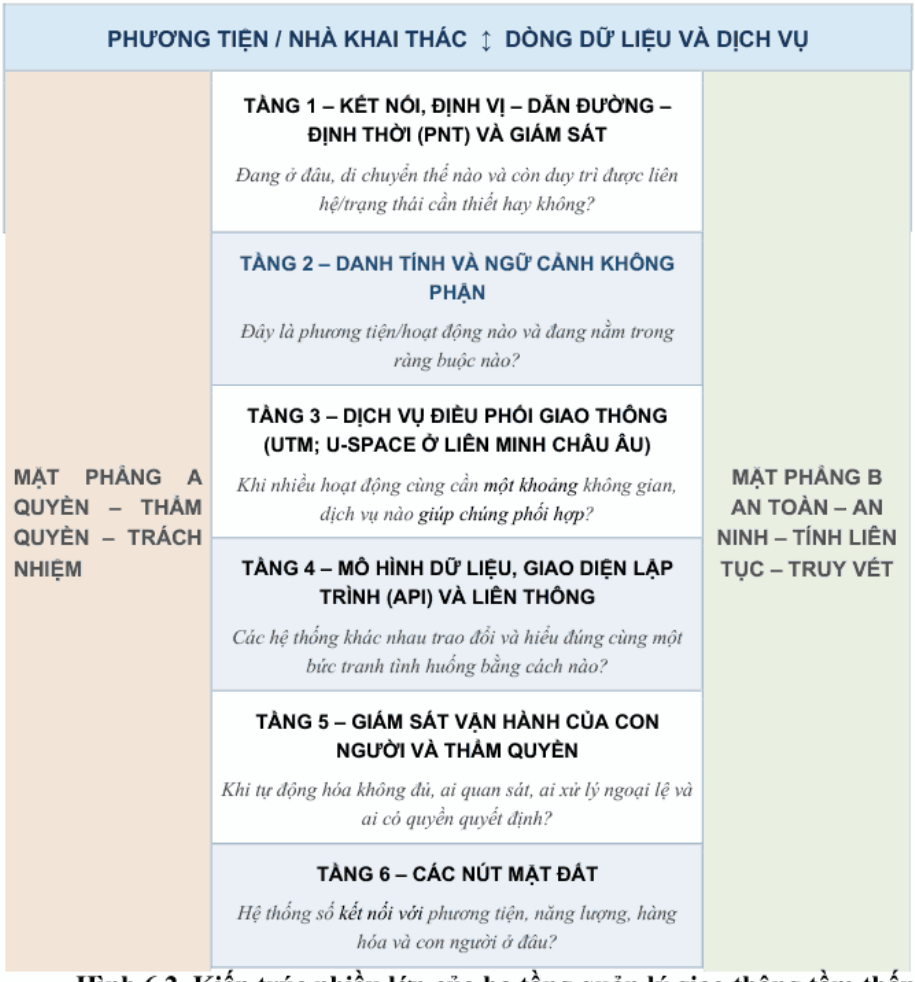


Nguồn: Khung của các tác giả, không phải tiêu chuẩn UTM, U-space hay kiến trúc quốc gia

Hình 6.1. Bầu trời dùng chung cần nhiều lớp kỹ thuật và quản lý cùng chạy

Để trả lời đầy đủ các câu hỏi đó, cuốn sách sử dụng một khung kiến trúc gồm sáu tầng và hai mặt phẳng xuyên suốt. Hình 6.2, một khung tổng hợp của các tác giả, đặt năm nhóm năng lực và tầng mặt đất trong một bức tranh chung. Hai cạnh bên là hai yêu cầu xuyên suốt các nhóm. Bên trái là *quyền, thẩm quyền và trách nhiệm*: ai tạo dữ liệu, ai cung cấp dịch vụ, ai ban hành ràng buộc, ai quyết định. Bên phải là *an*

toàn, an ninh, tính liên tục và khả năng truy vết: hệ thống có giữ được chức năng cần thiết, nhận ra trạng thái bất thường và để lại đủ dấu vết để dựng lại một quyết định hay không. Dải nền dưới cùng là các nút *mặt đất*, nơi các dịch vụ số phải gắn với bãi đáp, nguồn điện, kiện hàng hay con người cụ thể.



Hình 6.2. Kiến trúc nhiều lớp của hạ tầng quản lý giao thông tầm thấp

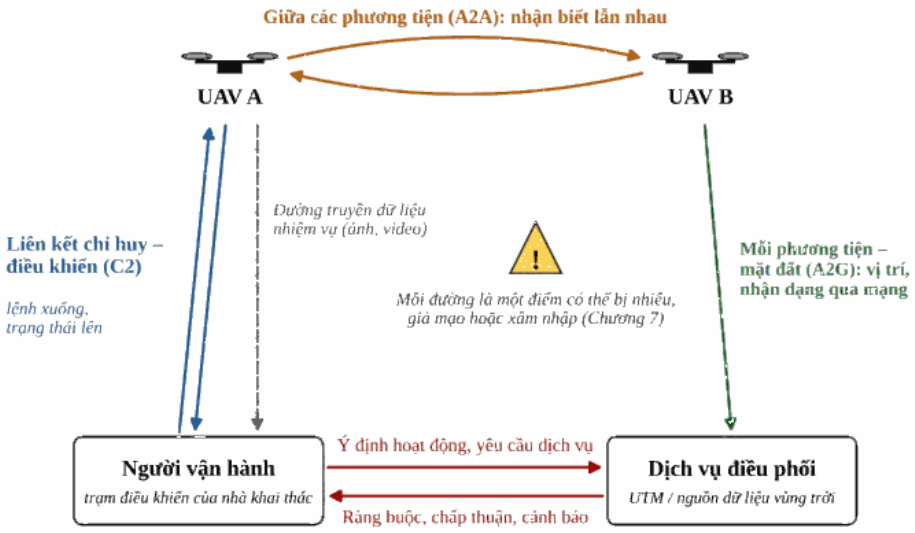
Chương này chỉ phân tích các yêu cầu ở cấp kiến trúc; các kịch bản tấn công, thất bại, quyền riêng tư và trách nhiệm sẽ được đề cập ở Chương 7.

2. Nhìn thấy được: kết nối, định vị và giám sát

Để trả lời câu hỏi đầu tiên: "*phương tiện đang ở đâu?*", cần giải quyết được ba vấn đề khác nhau:

Thứ nhất là kết nối. Phổ tần là một tài nguyên, và mật độ, nhiễu, vùng phủ hay quyền sử dụng phổ đều có thể thành ràng buộc vận hành. Kết nối đi qua dải dùng chung, mạng viễn thông công cộng hoặc kênh được quản lý riêng; ba cách ấy không xếp theo thứ bậc cao thấp, và kênh riêng không đương nhiên tốt hơn.

Bản thân kết nối lại gồm hai đường (Hình 6.3). Liên kết chỉ huy và điều khiển (C2, *Command and Control*) gửi lệnh và nhận trạng thái của phương tiện. Đường truyền dữ liệu nhiệm vụ mang ảnh, video, dữ liệu tải trọng.[17] Một đường đủ tốt để truyền video chưa chắc đủ tin cậy để điều khiển: một liên kết C2 không cần băng thông lớn nhưng đòi những bảo đảm rất khác về độ trễ và tính liên tục. Phủ sóng 5G trên khu kinh tế vì thế chưa cho biết ai đang bay, định làm gì hay được phép tới đâu: kết nối là điều kiện nền, chưa phải hạ tầng quản lý giao thông.



Hình 6.3. Các đường liên lạc quanh một hoạt động bay

Thứ hai là định vị, dẫn đường và định thời (PNT): phương tiện xác định vị trí và thời gian của mình bằng cách nào, rồi dùng thông tin ấy để bay theo kế hoạch.

Thứ ba là giám sát: một hệ thống bên ngoài nhận biết vị trí và trạng thái của các hoạt động đang diễn ra. Việc phương tiện biết mình ở đâu khác hẳn việc hệ thống biết mọi phương tiện ở đâu. Nguồn giám sát hợp tác chỉ thấy những phương tiện đang tự báo vị trí; một cảm biến mặt đất phát hiện được vật thể nhưng không biết nó là ai. Một hướng đang được thử nghiệm là mạng vô tuyến vừa truyền dữ liệu vừa phát hiện vật thể bay (tích hợp cảm nhận và truyền thông, ISAC); nếu thành công, mạng viễn thông trở thành một nguồn giám sát chứ không chỉ là đường truyền.

Ở quy mô hệ thống, ngoài hạn chót của quyết định đã dùng ở Chương 5, điều kiện kết nối cũng ảnh hưởng đến việc bố trí các chức năng xử lý dữ liệu. Chức năng nào phải còn chạy khi mất liên kết, như quay về hay hạ cánh an toàn, phải nằm trên phương tiện. Chức năng nào cần dữ liệu của nhiều bên, như nhận biết xung đột giữa năm hoạt động trong buổi sáng, phải nằm trên hệ thống mà các bên liên quan cùng truy cập được.

Ba vấn đề này trở nên phức tạp nhất khi phương tiện bay ngoài tầm nhìn trực quan (BVLOS, *Beyond Visual Line of Sight*). Người điều khiển không còn tự thấy phương tiện bằng mắt thường, nên hệ thống phải hỗ trợ bằng ba năng lực:

- **Liên kết C2 tin cậy trên toàn tuyến**, kèm một hành vi đã định trước cho lúc mất liên kết.

- **Phát hiện và tránh (DAA, *Detect and Avoid*):** phương tiện hoặc hệ thống phải biết về các phương tiện khác để tránh va chạm. Năng lực này đến từ cảm biến trên máy, từ dữ liệu giám sát hay từ quy trình phân chia vùng trời.[17]

- Giám sát từ bên ngoài, để người chịu trách nhiệm nắm bắt được điều gì đang diễn ra.

Chương 10 sẽ bàn khi nào ba năng lực ấy đủ để chuyến bay ngoài tầm nhìn trở thành một tuyến dịch vụ.

3. Biết là ai và đang ở trong ngữ cảnh nào: danh tính số và ngữ cảnh không phận

Câu hỏi thứ hai – "đó là ai?" – thường bị gói gọn trong chữ "định danh", trong khi thực ra nó gồm sáu việc khác nhau (Hộp 6.1). Nhận dạng từ xa (Remote ID) hay được nhắc đến nhiều nhất, vì nó cho phép bên được phép nhận biết một phương tiện đang bay; Hoa Kỳ ban hành quy định về nhận dạng từ xa năm 2021.[41] Nhưng nhận dạng mới cho biết ai đang ở đó, chưa cho biết họ có được phép ở đó hay không. Ở Liên minh châu Âu, dịch vụ nhận dạng qua mạng trong vùng U-space phải cung cấp số đăng ký của nhà khai thác, số sê-ri của phương tiện, vị trí, độ cao, hướng bay, tốc độ so với mặt đất, vị trí người điều khiển hoặc điểm cất cánh, tình trạng khẩn cấp và thời điểm tạo thông điệp.[28] Danh sách ấy cho thấy dữ liệu danh tính cũng là dữ liệu nhạy cảm: không phải ai nhận được tín hiệu cũng nên thấy đủ mọi trường.

HỘP 6.1. Sáu việc hay bị gọi chung là "định danh drone"

Đăng ký ghi nhận phương tiện hoặc chủ thể.

Số sê-ri phân biệt từng thiết bị.

Nhận dạng từ xa giúp bên được phép nhận biết phương tiện đang bay.

Theo dõi là nắm trạng thái của phương tiện theo thời gian.

Xác thực kiểm chứng rằng một thực thể hay một thông điệp là thật.

Cho phép là quyết định của cơ quan có thẩm quyền về quyền thực hiện hoạt động.

Một chấm sáng trên màn hình chưa phải một danh tính; một mã đăng ký không cho biết phương tiện đang ở đâu; và tham gia vào một nền tảng UTM không thay cho sự cho phép.

Danh tính mới là nửa câu trả lời. Nửa còn lại là ngữ cảnh: ranh giới, hạn chế, chướng ngại vật, điều kiện thay đổi và thời điểm mỗi ràng

buộc có hiệu lực. Cuốn sách gọi lớp dữ liệu ấy là *vùng trời số*. Đây là khái niệm các tác giả dùng để trình bày, không phải thuật ngữ pháp lý. Bản đồ nền, mô hình đô thị ba chiều, dữ liệu vùng trời và dữ liệu chướng ngại vật bổ sung cho nhau nhưng không thay thế nhau.

Cần cẩu trong cảnh mở cho thấy ba thuộc tính phải đi cùng nhau: **độ mới, nguồn có thẩm quyền và thời điểm hiệu lực**. Một bản đồ có thể đúng về hình học nhưng đã cũ. Một thông tin có thể rất mới nhưng đến từ nguồn chưa được xác lập thẩm quyền. Một ràng buộc có thể chính xác nhưng chưa tới thời điểm có hiệu lực. Vì thế, trước khi hỏi dữ liệu được truyền nhanh đến đâu, phải hỏi ai tạo hoặc xác nhận nó, phiên bản nào đang có hiệu lực và thay đổi phải tới những hệ thống nào.

Nhận thức địa lý (geo-awareness) và hàng rào địa lý điện tử (geofencing) cũng cần được hiểu đúng vai trò. Chúng là cơ chế kỹ thuật dùng dữ liệu vị trí và ranh giới để cung cấp thông tin, cảnh báo hoặc hỗ trợ hạn chế hoạt động theo thiết kế. Chúng không tự tạo vùng cấm, không tự cho phép hoạt động và không tự thay thế quyết định của cơ quan có thẩm quyền. Với địa phương, câu hỏi cốt lõi vì vậy không phải "đã có bản đồ 3D chưa?", mà là **nguồn nào có thẩm quyền, ai cập nhật, thay đổi có hiệu lực từ khi nào và đi tới những hệ thống nào**. Đó là chỗ phân biệt một bản đồ chỉ để xem với một hạ tầng dữ liệu dùng được trong vận hành.

4. Hệ thống UTM: từ nhận biết sang điều phối

Đến đây hệ thống đã biết ai đang ở đâu và trong ngữ cảnh nào, nhưng biết chưa đủ; còn phải phối hợp. Khi nhiều bên muốn dùng cùng một phần không gian vào những thời điểm sát nhau, cần một lớp dịch vụ dùng dữ liệu trạng thái và ý định để điều phối. Đó là ***hệ thống quản lý giao thông tàu bay không người lái (UTM, Unmanned Aircraft System Traffic Management)***.

Theo Tổ chức Hàng không dân dụng quốc tế (ICAO), UTM là một hệ dịch vụ dùng dữ liệu về danh tính, trạng thái, vùng trời, ràng

buộc và ý định để giúp các bên phối hợp; nó rộng hơn nhiều so với một ứng dụng hay một máy chủ.[19] Khái niệm trung tâm của nó là *ý định hoạt động*: một hoạt động dự kiến sẽ chiếm phần không gian nào, trong khoảng thời gian nào, ở mức chi tiết đủ cho việc phối hợp. Ý định hoạt động khác kế hoạch bay của hàng không truyền thống và càng khác một giấy phép.

Khi hai ý định chồng lên nhau, hoặc một ý định chồng lên một ràng buộc đang có hiệu lực, hệ thống phải nhận ra xung đột và hỗ trợ xử lý. Nếu đội truyền tải và nhóm quay phim cùng chia sẻ ý định qua một hệ thống UTM, xung đột giữa họ hiện ra trước khi cất cánh, thay vì khi hai chiếc máy đã ở cạnh nhau.

Cần hiểu đúng, hệ thống UTM không tự nó tạo ra thẩm quyền. Phần mềm kiểm tra, cảnh báo, trao đổi và đề xuất; quyền ban hành ràng buộc, cho phép hay can thiệp đến từ khuôn khổ thể chế. UTM đảm nhiệm chức năng hỗ trợ điều phối, chứ không có thẩm quyền bao trùm toàn bộ hệ thống. UTM chỉ hoạt động hiệu quả khi có kết nối, thông tin định danh, dữ liệu vùng trời, khả năng liên thông và con người phối hợp vận hành.

UTM cũng không thay quản lý không lưu (ATM) của hàng không có người lái. ICAO yêu cầu hai hệ thống tương tác ngay từ đầu và tiến tới tích hợp ở mức phù hợp, nhất là nơi hoạt động của UAV đi vào vùng trách nhiệm của quản lý không lưu.[19] U-space của Liên minh châu Âu lại là một khung pháp lý cụ thể cho những vùng trời được các nước thành viên chỉ định, với bốn dịch vụ bắt buộc: nhận dạng qua mạng, nhận thức địa lý, cấp phép bay cho UAV và thông tin giao thông.[28] Từ ngày 22/2/2026, các nhà cung cấp dịch vụ U-space còn phải có hệ thống quản lý an toàn thông tin.[29] Bảng 6.1 làm rõ bốn việc hay bị gọi chung là “quản lý drone”.

BẢNG 6.1. Bốn việc hay bị gọi chung là "quản lý drone" có chức năng và địa vị pháp lý khác nhau

	Quản lý không lưu (ATM)	UTM	U-space (Liên minh châu Âu)	Trung tâm điều hành
Tư cách	Hệ thống quản lý luồng bay, vùng trời và dịch vụ không lưu theo khung ICAO	Hệ dịch vụ điều phối hoạt động UAV; có khung chung của ICAO, nhiều mô hình triển khai	Khung pháp lý cho vùng trời U-space do nước thành viên chỉ định; bốn dịch vụ bắt buộc	Một nút tổ chức và giám sát
Đối tượng trọng tâm	Tàu bay có người lái, vùng trời có kiểm soát	Hoạt động UAV, chủ yếu ở tầm thấp	Hoạt động UAV trong vùng trời được chỉ định	Các hoạt động trong phạm vi được giao
Ai thường cung cấp	Đơn vị cung cấp dịch vụ không lưu	Cơ quan công, doanh nghiệp, hoặc kết hợp	Nhà cung cấp dịch vụ U-space được chứng nhận, cùng nguồn thông tin dùng chung	Cơ quan, doanh nghiệp hoặc ban quản lý khu
Ai giữ thẩm quyền	Nhà nước, theo pháp luật hàng không	Theo khuôn khổ từng nước; phần mềm không tự có thẩm quyền	Nước thành viên và cơ quan có thẩm quyền	Chỉ trong phạm vi được giao
Không được nhầm	UTM thay thế được ATM	Tham gia UTM là đã được phép bay	U-space là tên chung cho mọi UTM	Có phòng điều hành là đã có UTM

Nguồn: Dựa trên tài liệu ICAO và Quy định (EU) 2021/664; không phải định nghĩa pháp lý của từng nước.

5. Liên thông: cùng nhận chưa phải cùng hiểu

Ngộ nhận phổ biến nhất trong các đề án hạ tầng số là coi "có giao diện lập trình (API)" như "đã liên thông". API chỉ là phương thức kết nối về mặt kỹ thuật. Hai hệ thống kết nối được với nhau mà vẫn không

hiểu đúng thông tin của nhau nếu biểu diễn dữ liệu khác nhau, dùng hai phiên bản khác nhau, hoặc hiểu cùng một trường theo hai nghĩa.

Chẳng hạn, hai nền tảng cùng nhận trường "trạng thái hoạt động". Nền tảng của đội truyền tải hiểu đó là trạng thái kỹ thuật của phương tiện: đang bay, đang chờ, đã hạ cánh. Nền tảng của đơn vị khảo sát hiểu đó là trạng thái được phép: đã được chấp thuận, đang chờ, bị từ chối. Dữ liệu đi qua trơn tru, nhưng hai bên rút ra hai kết luận trái ngược về cùng một chiếc máy. Liên thông vì thế không chỉ là chuyện nối máy mà còn có tầng ngữ nghĩa và tầng phiên bản: khi giao diện thay đổi, phải biết hệ thống nào đang dùng bản nào và ai báo cho ai.

Quyền truy cập là một lớp khác nữa. Gọi được dữ liệu qua API không có nghĩa là mọi bên được xem mọi thứ, dùng cho mọi mục đích hay lưu vô thời hạn. Một bức tranh dùng chung không đòi tất cả mọi người nhìn thấy tất cả. Liên thông phải đi cùng phân vai và mục đích sử dụng; phần bảo vệ thông tin thuộc Chương 7.

Cuối cùng là rủi ro bị lệ thuộc vào một nhà cung cấp. Vấn đề nằm ở khả năng thay được một thành phần mà không mất dữ liệu và lịch sử vận hành, chứ không chỉ ở việc phần mềm được gọi là "mở" hay "đóng". Một hệ sinh thái tầm thấp mở rộng được khi các nền tảng vẫn riêng rẽ mà hiểu đúng dữ liệu của nhau trong phạm vi được phép; vì thế liên thông quan trọng hơn việc có bao nhiêu bảng điều khiển.

6. Con người, thẩm quyền và các nút mặt đất

Người ta hay tin hoặc vào một "siêu trung tâm" điều khiển mọi thứ, hoặc vào tự động hóa đủ mạnh để xóa bỏ phòng điều hành. Cả hai đều bỏ qua ba lớp khác nhau:

- **Tự động hóa** xử lý việc thường lệ: trao đổi ý định, kiểm tra ràng buộc, phát cảnh báo.

- **Giám sát vận hành** nhận việc khi dữ liệu thiếu, nguồn mâu thuẫn hay tình huống vượt khỏi giả định, như khi chiếc máy quay phim mất dòng nhận dạng.

- Thẩm quyền xác định ai được ban hành ràng buộc và ra quyết định.

Một căn phòng đầy màn hình không chứng minh đã có UTM; năng lực thật nằm trong dữ liệu, dịch vụ, quy tắc và trách nhiệm phía sau màn hình. Nhật ký truy vết nối ba lớp ấy lại: khi hệ thống đổi trạng thái hay con người can thiệp, phải dựng lại được dữ liệu nào, phiên bản nào và ai đã quyết.

Mọi chuyến bay cũng bắt đầu và kết thúc ở mặt đất. Trạm tự động, điểm cất hạ cánh, nơi sạc pin, xưởng bảo dưỡng, điểm giao nhận hàng hay cảng cất hạ cánh cho eVTOL đều là những nút có trạng thái: còn trống không, đủ điện không, bao nhiêu máy đang sẵn sàng.[35, 43] Cũng nên phân biệt cảng cất hạ cánh (vertiport), một cơ sở có thể kèm nơi chờ, sạc, bảo dưỡng và điều hành, với bãi cất hạ cánh (vertipad), chỉ là một bề mặt cho một phương tiện tại một thời điểm: một mạng lưới có thể cần rất nhiều bãi nhỏ nhưng chỉ vài cảng tích hợp. Những trạng thái ấy phải được đưa vào dữ liệu lập kế hoạch bay; thiếu chúng, kế hoạch trên trời sẽ không khớp với khả năng phục vụ dưới đất. Phần giao nhận hàng thuộc Chương 10, phần cảng cất hạ cánh trong đô thị thuộc Chương 11.

Với một địa phương, câu hỏi thực tế là một đề án hạ tầng gồm những phần nào:

- Chức năng công: ban hành ràng buộc, cho phép, và giữ dữ liệu vùng trời có thẩm quyền. Ở Việt Nam, lớp này gắn với quản lý vùng trời của Nhà nước và phối hợp quốc phòng – dân sự, như Chương 3 đã nêu. Một tỉnh hay một doanh nghiệp không tự xây lớp ấy; Chương 19 sẽ nói rõ căn cứ pháp lý.

- Dịch vụ kỹ thuật: kết nối, nền tảng điều phối, trạm tự động, phần mềm giám sát, những thứ thuê được hoặc kết nối được với nhà cung cấp.

- Những gì chưa cần làm, vì mật độ bay còn thấp.

Theo nhận định của các tác giả, mật độ là biến số hay bị bỏ qua nhất. Người thanh niên ở Chương 2 phun thuốc trên một cánh đồng mà cả buổi sáng chỉ có máy của anh. Với anh, câu hỏi "ai đang ở đâu" gần như đã có lời đáp; một quy trình xin phép rõ ràng và một tệp ranh giới đáng tin là đủ. Khu kinh tế trong cảnh mở thì khác hẳn. Đầu tư hạ tầng điều phối khi mật độ bay chưa đủ sẽ lặp lại đúng bài học U-space ở Chương 3: bản vẽ đã xong mà chưa ai trả tiền xây móng. Hộp 6.2 gom những câu nên hỏi trước khi đầu tư.

HỘP 6.2. Năm câu hỏi trước khi đầu tư "hạ tầng tầm thấp"

1. Mật độ hoạt động hôm nay và trong ba năm tới đã cần điều phối tự động chưa, hay quy trình hiện có vẫn đủ?
2. Phần nào là chức năng công, phần nào là dịch vụ kỹ thuật thuê hoặc kết nối được?
3. Mỗi lớp dữ liệu vùng trời do ai tạo, ai xác nhận, ai cập nhật?
4. Dữ liệu có xuất được, đặc tả giao diện có được công bố, có thay được nhà cung cấp mà không mất lịch sử vận hành không?
5. Ai trả tiền vận hành lớp dùng chung khi lưu lượng còn thấp?

7. Chiếc cần cẩu đi qua hệ thống

Giờ hãy tua lại cả buổi sáng ở khu kinh tế, lần này cùng nhìn qua một hệ thống có đủ các lớp đã bàn.

Trước chuyến bay. Lúc sáu giờ, khi cần cẩu bắt đầu hoạt động, đơn vị thi công báo cho nguồn dữ liệu vùng trời có thẩm quyền của khu. Nguồn ấy xác nhận, gắn thời điểm hiệu lực và phát thay đổi tới mọi nền tảng đang hoạt động trong khu theo cùng một mô hình dữ liệu. Khi đội truyền tải gửi ý định hoạt động cho chuyến kiểm tra lúc bảy giờ, UTM nhận ra tuyến bay đi sát cần cẩu và đề nghị điều chỉnh. Nhiệm vụ công vụ báo trước mười lăm phút đi vào hệ thống như một ràng buộc tạm thời do người có thẩm quyền ban hành, chứ không như một màu khác trên màn hình; bốn hoạt động còn lại cùng lúc nhận yêu cầu nhường đường.

Trong chuyến bay. Chiếc máy quay phim mất dòng nhận dạng. Hệ thống không vội coi đó là bay trái phép: nó vẫn thấy chiếc máy qua giám sát, vẫn có ý định hoạt động đã đăng ký, chỉ thiếu một lớp danh tính. Ngoại lệ ấy được chuyển cho người giám sát vận hành. Người này liên lạc với nhóm quay phim rồi quyết định cho bay tiếp có điều kiện hay yêu cầu hạ cánh. Cùng lúc, trạm sạc ở góc khu báo còn hai chỗ trống, nên chiếc máy chở linh kiện được xếp hạ cánh chờ ở đó khi nhiệm vụ công vụ đi qua.

Sau chuyến bay. Mỗi thay đổi trong buổi sáng, từ cần cẩu, đề nghị điều chỉnh, ngoại lệ nhận dạng tới lệnh nhường đường, đều để lại dấu vết: dữ liệu nào, phiên bản nào, ai quyết, lúc nào. Nếu có tranh chấp hay sự cố, câu chuyện dựng lại được. Ghi nhật ký không kèm theo quyền giữ mãi hay dùng cho mọi mục đích; quyền lưu giữ và sử dụng phải được xác định từ đầu.

Mỗi bước dựa vào một lớp khác nhau và chỉ khi các lớp cùng chạy, năm hoạt động mới chia được một bầu trời. Khả năng mở rộng không đến từ một mạng, một phần mềm hay một trung tâm điều hành, mà từ một bức tranh dùng chung đủ tin cậy, đủ liên thông, đủ ngữ cảnh và đủ rõ thẩm quyền.

KẾT CHƯƠNG

Hạ tầng số không xóa rủi ro. Nó tạo ra khả năng nhìn thấy, nhận dạng, điều phối, liên thông và giám sát, để nhiều hoạt động cùng tồn tại trong một không gian hữu hạn và lưu lại dấu vết để kiểm tra khi có sự cố. Và càng nhiều phương tiện cùng bay, giá trị của từng chiếc càng nhỏ đi so với giá trị của hệ thống nối chúng lại.

Buổi sáng vừa rồi trôi chảy vì mọi lớp đều làm đúng việc của mình. Điều gì xảy ra khi dữ liệu sai, kết nối mất, phương tiện bị can thiệp, hoặc hệ thống bị dùng sai mục đích? Chương 7 bắt đầu từ một tuyến bay không trôi chảy như thế.

CHƯƠNG 7. AN TOÀN, AN NINH, QUYỀN RIÊNG TƯ VÀ MÔI TRƯỜNG

Tuyến bay nối hai bệnh viện ở Zurich là kịch bản đơn giản nhất mà một dịch vụ UAV có được: một lộ trình cố định đã khảo sát kỹ, một loại hàng nhẹ là mẫu xét nghiệm. Đơn vị vận hành là Bưu chính Thụy Sĩ, hợp tác với Matternet, nhà cung cấp phương tiện, trong một quốc gia có nền kỹ thuật và văn hóa an toàn thuộc hàng tốt nhất thế giới. Dịch vụ đã thực hiện nhiều chuyến bay thuận lợi.

Ngày 25/1/2019, một phương tiện phải bung dù hạ cánh khẩn cấp xuống hồ Zurich. Dịch vụ tạm dừng, được rà soát rồi nối lại. Ngày 9/5/2019, một phương tiện khác gặp sự cố trên khu rừng gần khu học xá Irchel của Đại học Zurich; dù đã bung nhưng dây nối dù bị đứt, nên chiếc máy rơi tự do xuống đất, gần một khu vui chơi trẻ em. Không ai bị thương. Lần này dịch vụ bị đình chỉ. Nó chỉ được bay lại, từ tháng 1/2020, sau khi một nhóm chuyên gia độc lập xem xét toàn bộ hệ thống, đưa ra những khuyến nghị cụ thể và nhà vận hành cam kết thực hiện chúng.[142, 143] Từ ngày 1/1/2023, Bưu chính Thụy Sĩ chuyển hoạt động này cho Matternet; các bệnh viện ở Zurich tiếp tục mua dịch vụ từ đơn vị mới.

Câu chuyện này hay được kể như một bằng chứng rằng UAV chưa đủ tin cậy. Nó còn cho thấy một điều khác: hệ thống kỹ thuật nào cũng có thể thất bại, kể cả lớp kiểm soát cuối cùng như chiếc dù. Vì vậy, việc một dịch vụ dừng hẳn hay đi tiếp phụ thuộc vào những gì sẵn sàng khi sự cố xảy ra: đủ bằng chứng để các bên hiểu chuyện gì đã diễn ra, một người đủ thẩm quyền để quyết định phần rủi ro nào chấp nhận được, và một quy trình để người bên ngoài tin vào quyết định ấy.

Chương 6 đã dựng các lớp năng lực cho phép nhiều phương tiện cùng hoạt động. Chương này xem điều gì xảy ra khi những năng lực ấy

thất bại hoặc bị lạm dụng, qua câu hỏi: *ai hoặc cái gì có thể bị hại, phần rủi ro nào còn lại sau mọi lớp kiểm soát, và ai có quyền chấp nhận nó?*

Luận đề của chương có hai vế. Kinh tế tầm thấp không mở rộng được nếu yêu cầu rủi ro phải bằng không, nhưng cũng không mở rộng được khi rủi ro còn mơ hồ và không ai chịu trách nhiệm. Nó chỉ mở rộng được khi phần rủi ro còn lại được nhận diện, được người có thẩm quyền chấp nhận, và hệ thống lưu đủ bằng chứng để xác định trách nhiệm, rút kinh nghiệm khi có sự cố.

1. Từ "không được thất bại" đến quản trị phần rủi ro còn lại

Nói về rủi ro của UAV, người ta thường bắt đầu từ phương tiện: nó có thể rơi, mất liên lạc, va vào dây điện. Nhưng nên bắt đầu từ câu hỏi: ai hoặc cái gì có thể bị nguy hại. Danh sách này có thể sẽ rộng hơn nhiều so với hình dung ban đầu: người và tài sản trên mặt đất; những tàu bay khác dùng chung khoảng trời; chính hàng hóa hay dữ liệu mà nhiệm vụ mang theo; những người vô tình lọt vào ống kính; cộng đồng sống dưới tuyến bay, chịu tiếng ồn mỗi ngày; môi trường, qua năng lượng tiêu thụ và rác thải pin. Mỗi đối tượng bị ảnh hưởng theo một cách khác nhau; một biện pháp bảo vệ đối tượng này có thể không giúp gì cho đối tượng kia.

Từ đó, chúng ta cần phân biệt ba khái niệm:

- *Mối nguy* là một điều kiện có thể gây hại mà không cần ai cố ý, như pin quá nhiệt hay gió giật.

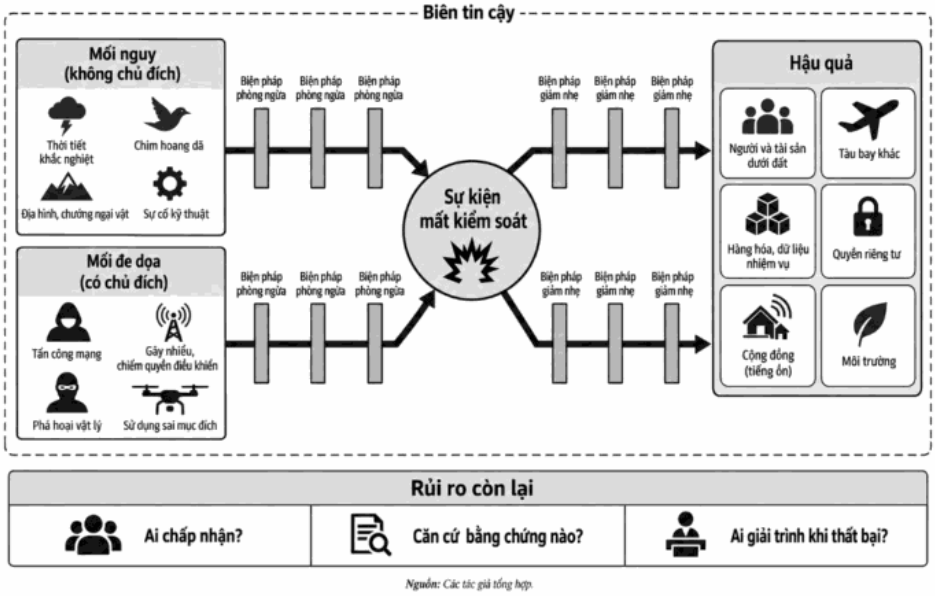
- *Mối đe dọa* là một tác nhân có chủ đích gây hại, như kẻ giả mạo tín hiệu định vị.

- *Rủi ro* là sự kết hợp giữa khả năng một điều xấu xảy ra và mức độ nghiêm trọng của hậu quả.

Phương pháp quản lý an toàn của ICAO đi theo ba bước: nhận diện mối nguy, đánh giá rủi ro, rồi đặt biện pháp giảm thiểu.[18]

Phương pháp đánh giá rủi ro cho hoạt động bay cụ thể (SORA) do nhóm các nhà chức trách hàng không JARUS xây dựng, được châu Âu dùng, là một ví dụ về cách hệ thống hóa trình tự này cho tàu bay không người lái. Phiên bản 2.5 của phương pháp này được JARUS công bố tháng 5/2024 và được Cơ quan An toàn Hàng không Liên minh châu Âu (EASA) đưa vào hướng dẫn áp dụng năm 2025.[24, 31]

Biện pháp kiểm soát chia làm hai loại: trước và sau khi sự cố xảy ra. *Biện pháp phòng ngừa* làm giảm khả năng sự cố xảy ra: bảo dưỡng pin, kiểm tra trước chuyến bay, tuyến bay tránh khu đông người. *Biện pháp giảm nhẹ* làm giảm hậu quả khi sự cố đã xảy ra: chiếc dù, quy trình hạ cánh khẩn cấp, bảo hiểm. Một hệ thống tốt có nhiều lớp ở cả hai phía. Hình 7.1 vẽ một mô hình các lớp bảo vệ mà cuốn sách gọi là "*biên tin cậy*".



Nguồn: Các tác giả tổng hợp.

Hình 7.1. Biên tin cậy: các lớp kiểm soát không xóa được rủi ro

Dù thêm bao nhiêu lớp, thì vẫn luôn còn lại một phần rủi ro không loại bỏ được; chiếc dù ở Zurich là lớp cuối cùng và nó vẫn có thể hỏng. Câu hỏi cho nhà quản trị vì thế không phải "đã hết rủi ro chưa", mà là

phần rủi ro còn lại lớn tới đâu, đã được nói rõ chưa và ai có quyền nói rằng nó chấp nhận được.

Một rủi ro nhỏ nhưng không ai nhận lại nguy hiểm hơn một rủi ro lớn hơn đã được đo, được công bố và được người có thẩm quyền chấp nhận. Khi sự cố xảy ra, hậu quả của rủi ro không ai nhận sẽ đổ lên bên yếu thế nhất. Bảng 7.1 chia các đối tượng có thể bị hại thành năm miền rủi ro; các mục sau lần lượt đi qua từng miền.

HỘP 7.1. RỦI RO KHÔNG AI NHẬN NGUY HIỂM HƠN RỦI RO ĐÃ ĐƯỢC NÓI RÕ

Đòi hỏi "rủi ro bằng không" nghe có vẻ thận trọng, nhưng thực tế nó dẫn tới một trong hai kết cục: hoặc không hoạt động nào được phép, hoặc hoạt động vẫn diễn ra trong khi các bên giả định rằng rủi ro không tồn tại. Kết cục thứ hai nguy hiểm hơn, vì phần rủi ro còn lại không biến mất; nó chỉ là không ai chịu, và khi có sự cố, hậu quả sẽ đổ lên bên yếu thế nhất.

Một hệ thống trưởng thành làm ngược lại. Nó nói rõ những gì đã được kiểm soát, những gì còn lại, ai đã chấp nhận phần còn lại, và căn cứ vào bằng chứng nào. Khi sự cố xảy ra, câu hỏi đầu tiên là "phần rủi ro này đã được ai chấp nhận", chứ không phải "lỗi của ai".

BẢNG 7.1. Năm miền rủi ro và câu hỏi quản trị

Miền	Đối tượng có thể bị ảnh hưởng	Nguồn vấn đề	Kiểm soát trước và sau sự kiện	Câu hỏi giải trình
An toàn	Người, tài sản, phương tiện, hạ tầng, nhiệm vụ	Hỏng hóc, yếu tố con người, bảo dưỡng, môi trường	Thiết kế, bảo dưỡng, giới hạn vận hành / ứng phó, hạn chế hậu quả	Điều gì đã xảy ra và vai trò từng chủ thể là gì?
An ninh	Hệ thống, người, tài sản, lợi ích an ninh	Mối đe dọa có chủ đích	Định danh, kiểm soát truy cập, phát hiện / phản ứng đúng thẩm quyền, phục hồi	Ai phát hiện, ai xác minh và ai có quyền phản ứng?
Dữ liệu và quyền riêng tư	Dữ liệu, cá nhân, tổ chức	Truy cập trái phép, sửa dữ liệu, thu quá mức, dùng sai mục đích	Bảo vệ dữ liệu, tối thiểu hóa, quản trị truy cập / hạn chế sử dụng, khắc phục	Ai quyết định dữ liệu được thu và dùng thế nào?

Môi trường và xã hội	Cộng đồng, môi trường sống, hệ sinh thái	Tiếng ồn, tác động vòng đời, quấy nhiễu người và động vật hoang dã, mật độ bay	Thiết kế, quy hoạch, chọn thời điểm và địa điểm bay / điều chỉnh hoạt động	Ai chịu tác động, khi nào phải xem lại?
Trách nhiệm	Nạn nhân và toàn chuỗi chủ thể	Hậu quả khi kiểm soát không ngăn được	Kiến trúc bằng chứng; điều tra, bồi hoàn, khắc phục	Có thể tái dựng sự kiện và giải trình quyết định hay không?

Nguồn: Khung tổng hợp của các tác giả.

2. Khi phương tiện hoặc hoạt động thất bại ngoài ý muốn

Phần lớn sự cố của UAV không bắt đầu bằng một tiếng nổ mà bằng một trạng thái suy giảm: liên kết C2 chập chờn, tín hiệu định vị yếu đi giữa các tòa nhà cao, pin nóng lên bất thường, một cảm biến tránh va chạm trả về số liệu sai (Chương 6).

Điều quan trọng nhất là phản ứng của phương tiện trước trạng thái suy giảm phải được quyết định từ trước khi cất cánh. Khi mất liên kết, phương tiện có ba lựa chọn, và lựa chọn nào cũng có rủi ro riêng. Quay về điểm xuất phát theo đường thẳng có thể đưa nó bay qua chính khu dân cư mà tuyến bay đã cố tránh. Hạ cánh ngay tại chỗ có thể đặt nó xuống giữa một con đường. Bay vòng chờ thì tiêu pin trong khi chờ liên kết trở lại. Lựa chọn đúng phụ thuộc vào địa hình bên dưới từng đoạn tuyến, nên phải được thiết kế theo tuyến chứ không để theo mặc định của nhà sản xuất.

Sự cố thứ hai ở Zurich còn cho thấy một điều tinh tế hơn: chính biện pháp giảm nhẹ cũng có thể hỏng. Báo cáo điều tra của Thụy Sĩ kết luận dây dù đã bị một cạnh sắc ở điểm gắn trên thân máy làm hư hại.[70] Chiếc dù, cơ chế ngắt động cơ hay chế độ hạ cánh khẩn cấp đều cần được kiểm tra, bảo dưỡng và chứng minh độ tin cậy như mọi bộ phận khác; thêm một lớp kiểm soát mà không kiểm chứng nó chỉ tạo ra cảm giác an toàn.

Mỗi sự cố nhỏ cũng là một dữ liệu quý. Các cơ quan hàng không xây hệ thống báo cáo sự cố và bất thường chính vì những tình huống suýt thành tai nạn chứa thông tin mà một tai nạn thật phải trả giá rất đắt mới có được.[49] Nhà vận hành giấu sự cố nhỏ để giữ hồ sơ đẹp đang tự tước của mình, và của cả ngành, cơ hội rút kinh nghiệm sớm.

3. Khi có tác nhân cố ý gây hại

Trên màn hình, một phương tiện mất điều khiển trông giống hệt nhau dù nguyên nhân là hỏng hóc hay bị tấn công. Phương tiện đột ngột lệch khỏi tuyến có thể do tín hiệu vệ tinh bị nhiễu tự nhiên giữa các tòa nhà, hoặc do có tác nhân phát tín hiệu giả để đánh lừa nó. Phản ứng đúng lại khác nhau: ***sự cố*** *cần khắc phục và rút kinh nghiệm,* ***tấn công*** *cần điều tra, ngăn chặn và có khi cần cơ quan chức năng*. Một hệ thống không có cách phân biệt sẽ hoặc coi mọi tấn công là **lỗi kỹ thuật**, hoặc coi mọi lỗi kỹ thuật là **tấn công**.

Ở góc độ an ninh mạng, câu hỏi không dừng ở việc phương tiện có bị chiếm quyền điều khiển hay không, mà bao trùm cả chuỗi số quanh phương tiện: phần mềm trên máy, ứng dụng điều khiển, máy chủ lưu dữ liệu, giao diện kết nối với hệ thống điều phối mà Chương 6 đã mô tả. Hướng dẫn của Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Hoa Kỳ (NIST) cho thiết bị kết nối mạng nêu những năng lực nền như định danh thiết bị, kiểm soát truy cập, cập nhật phần mềm an toàn và ghi nhật ký sự kiện.[52] Ba thuộc tính quen thuộc của an toàn thông tin có hình hài rất cụ thể: ảnh nhạy cảm bị lấy cắp là mất tính bí mật, tọa độ bị sửa là mất tính toàn vẹn, nền tảng bị làm tê liệt là mất tính sẵn sàng. Cũng đừng giả định máy không nối Internet là an toàn: mã độc vẫn có thể đi vào qua máy tính bảo dưỡng, bản cập nhật hay thẻ nhớ. Với trạm Drone-in-a-Box, bề mặt tấn công còn gồm máy chủ quản lý, chính cái trạm, mạng nội bộ của doanh nghiệp và các giao diện kết nối ra ngoài. Linh kiện và phần mềm đến từ nhiều nguồn còn đặt thêm câu hỏi về chuỗi cung ứng: ai biết một bộ điều khiển bay đang chạy những gì bên trong.

Một vấn đề khác là phát hiện và xử lý UAV hoạt động trái phép, thường gọi là chống UAV. Công nghệ phát hiện hay vô hiệu hóa một phương tiện không tự tạo ra quyền làm việc đó. Chuỗi xử lý chuẩn gồm bốn bước: (i) phát hiện có vật thể bay; (ii) xác minh đó là gì và có vi phạm hay không; (iii) xác định ai có thẩm quyền phản ứng; (iv) rồi mới phản ứng. Tại Hoa Kỳ, các cơ quan tư pháp, hàng không, an ninh nội địa và viễn thông đã ra hướng dẫn chung năm 2020, chỉ ra rằng việc dùng thiết bị phát hiện và vô hiệu hóa UAV chịu sự điều chỉnh của nhiều đạo luật khác nhau.[37] Ở Việt Nam, thẩm quyền này gắn với **Luật Phòng không nhân dân** và được bàn ở Phần VI. Một hệ thống phát hiện tốt mà không gắn với chuỗi thẩm quyền rõ ràng có thể khiến một biện pháp xử lý có thiện ý gây ra sự cố thứ hai, chẳng hạn làm rơi một phương tiện xuống khu đông người.

4. Dữ liệu và quyền riêng tư

Sau câu hỏi dữ liệu có đủ tin cậy để dùng hay không (Chương 5) và lưu chuyển ra sao (Chương 6), chương này hỏi tiếp: dữ liệu ấy có nên được thu thập hay không.

Câu hỏi này cần thiết vì quyền riêng tư có thể bị xâm phạm ngay cả khi không có dữ liệu nào bị rò rỉ. Một chuyến bay kiểm tra mái nhà với camera góc rộng ghi lại luôn sân sau của cả dãy nhà bên cạnh. Dữ liệu ấy được mã hóa cẩn thận, lưu trên máy chủ an toàn, không bao giờ lọt ra ngoài. Người dân vẫn có lý do chính đáng để thấy mình bị theo dõi, vì một bên thứ ba đang nắm hình ảnh đời sống riêng của họ mà họ không hề đồng ý. An ninh dữ liệu và quyền riêng tư vì thế là hai câu hỏi khác nhau: mã hóa ngăn người ngoài tiếp cận dữ liệu, nhưng không quyết định được người thu thập có quyền thu và dùng dữ liệu ấy hay không.

Cách tiếp cận hiệu quả nhất vì thế nằm ở thiết kế nhiệm vụ, trước khi phương tiện cất cánh. Hướng camera, góc nhìn và độ phân giải được giới hạn ở mức nhiệm vụ cần. Giờ bay tránh những lúc nhiều người ở ngoài. Khuôn mặt và biển số được làm mờ ngay khi xử lý. Dữ liệu

không liên quan tới nhiệm vụ bị xóa theo một thời hạn định trước. Cẩm nang về quyền riêng tư cho hoạt động UAV của EASA cũng đi theo hướng ấy: nhận diện rủi ro quyền riêng tư như một phần của việc lập kế hoạch bay.[33]

Ngay cả dữ liệu không chứa hình ảnh nhận diện con người cũng có thể tiềm ẩn rủi ro. Một mô hình ba chiều của nhà máy, kho xăng dầu hay tuyến ống có thể làm lộ bố trí dây chuyền, điểm yếu an ninh hoặc bí mật kinh doanh. Vì vậy, ngoài dữ liệu cá nhân, nhà vận hành nên phân loại dữ liệu theo mức nhạy cảm, như công khai, nội bộ, nhạy cảm thương mại và cần bảo vệ đặc biệt, rồi gắn mỗi mức với quy tắc lưu, chia sẻ và xóa riêng.

Ở Việt Nam, Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân số 91/2025/QH15 có hiệu lực từ ngày 1/1/2026 đặt ra khung pháp lý cho việc xử lý dữ liệu cá nhân, trong đó có hình ảnh nhận dạng được một người. Với chủ thể vận hành UAV, quyền riêng tư vì thế không còn chỉ là chuyện đạo đức nghề nghiệp, mà là nghĩa vụ phải thể hiện trong quy trình. Phạm vi nghĩa vụ cụ thể thuộc Phần VI. Còn ai được khai thác về mặt thương mại những dữ liệu đã thu hợp pháp là câu hỏi của Chương 13.

5. Môi trường, tiếng ồn và sự chấp nhận của xã hội

Một hoạt động bay có thể hoàn toàn an toàn, an ninh và đúng luật mà vẫn bị cộng đồng phản đối. Lý do thường nằm ở những tác động mà bản thân nhà vận hành không trả giá: tiếng ồn, cảm giác bị nhìn, sự xuất hiện liên tục của những vật thể lạ trên đầu.

Tiếng ồn: khoảng cách giữa đo lường và cảm nhận

Mức ồn đo bằng đề-xi-ben chỉ là một phần câu chuyện. Nghiên cứu năm 2021 của EASA về sự chấp nhận của xã hội đối với giao thông hàng không đô thị cho thấy tiếng ồn là mối lo đứng thứ hai của người dân, chỉ sau an toàn, và mức khó chịu phụ thuộc vào nhiều yếu tố ngoài cường độ.[34] Một âm thanh có cao độ đặc trưng, lặp lại nhiều lần mỗi giờ, đến vào những lúc không đoán trước được, gây khó chịu hơn một

âm thanh to hơn nhưng quen thuộc. Người được hưởng lợi từ dịch vụ và người chịu tiếng ồn cũng thường là hai nhóm khác nhau. Vì vậy, một con số đề-xi-ben đạt chuẩn chưa đủ để kết luận một tuyến bay sẽ được chấp nhận.

Môi trường: chạy điện chưa chắc đã xanh

Một phương tiện không phát thải khi bay vẫn có tác động tới môi trường từ quá trình sản xuất pin, số lần pin phải thay trong vòng đời, nguồn điện dùng để sạc và cách pin cũ được xử lý. Một dịch vụ thay thế xe máy chạy xăng trên quãng đường ngắn có thể có lợi về môi trường; một dịch vụ tạo thêm chuyến bay mà trước đây không cần tới thì chưa chắc. Đánh giá phải tính cả vòng đời và so với cách làm mà dịch vụ thay thế. Ở vùng nhạy cảm còn phải tính tới động vật hoang dã: chim và thú có thể đổi tập tính khi có phương tiện bay qua lại, tùy loài, mùa, độ cao và giờ bay.

Đồng thuận xã hội không cấp được bằng giấy phép

Những tác động bên ngoài này ít khi do cơ quan quản lý bay xử lý. Chúng thuộc về quan hệ giữa nhà vận hành với cộng đồng và chính quyền nơi họ hoạt động. Một dịch vụ muốn tồn tại lâu dài cần được cộng đồng chấp thuận, và sự chấp thuận này không giấy phép nào cấp được. Vai trò của địa phương trong việc tạo ra sự đồng thuận ấy được bàn ở Phần V.

6. Khi kiểm soát thất bại

Khi một lớp kiểm soát thất bại, năm câu hỏi khác nhau xuất hiện cùng lúc: nguyên nhân kỹ thuật là gì; ai chịu trách nhiệm vận hành tại thời điểm đó; ai chịu trách nhiệm pháp lý về thiệt hại; bảo hiểm chi trả phần nào; và ai phải giải trình với công chúng. Chẳng hạn, nguyên nhân kỹ thuật là một lỗi phần mềm; trách nhiệm vận hành thuộc về đơn vị đã không cập nhật phần mềm; trách nhiệm pháp lý phân định theo hợp đồng và luật; bảo hiểm chỉ trả một phần thiệt hại vật chất; còn trách nhiệm giải trình thuộc về cơ quan đã cho phép hoạt động. Tìm nguyên

nhân khác quy lỗi, quy lỗi khác khắc phục; gộp ba việc làm một là cách nhanh nhất để không rút được bài học gì từ sự cố.

Muốn trả lời năm câu hỏi ấy phải có bằng chứng, và bằng chứng phải được thiết kế từ trước sự cố. Nhật ký chuyến bay, dữ liệu trạng thái, quyết định của người điều khiển và của hệ thống, phiên bản phần mềm đang chạy, dữ liệu vùng trời tại thời điểm đó: tất cả chỉ tồn tại sau sự cố nếu đã được ghi lại, lưu giữ và bảo vệ khỏi chỉnh sửa từ trước. Dấu vết trước, trong và sau chuyến bay mà Chương 6 mô tả chính là nền của kiến trúc bằng chứng này.

Bảo hiểm chuyển một phần hậu quả tài chính từ nhà vận hành sang doanh nghiệp bảo hiểm, nhờ vậy nhà vận hành không phá sản sau một sự cố và bên bị hại được bồi thường trong phạm vi hợp đồng.[32] Nhưng bảo hiểm không làm rủi ro biến mất, và không bù được những tổn hại như niềm tin của cộng đồng hay quyền riêng tư đã bị xâm phạm.

Còn lại vế thứ ba của câu hỏi: ai có quyền chấp nhận phần rủi ro còn lại. Ở đây có ba việc liên quan nhưng không thay nhau. Đánh giá rủi ro là việc chuyên môn, do nhà vận hành và chuyên gia làm, theo những phương pháp như SORA. Cho phép là quyết định của cơ quan có thẩm quyền về rủi ro đối với người và tàu bay khác, trong phạm vi thẩm quyền ấy. Sự chấp nhận của cộng đồng là việc của những người chịu tác động: tiếng ồn, quyền riêng tư hay thuốc bay lệch. Khi một chủ thể tự chấp nhận thay cho chủ thể khác, chẳng hạn nhà vận hành tự quyết định rằng tiếng ồn trên một khu dân cư là chấp nhận được, đó chính là vùng rủi ro mơ hồ mà luận đề của chương cảnh báo. Hộp 7.2 gom những câu hỏi cần trả lời trước khi mở rộng một hoạt động bay.

HỘP 7.2. TRƯỚC KHI MỞ RỘNG MỘT HOẠT ĐỘNG BAY

Những đối tượng nào có thể bị hại, và mỗi đối tượng được bảo vệ bằng lớp kiểm soát nào?

Khi mất liên kết hoặc mất định vị ở từng đoạn tuyến, phương tiện được thiết kế để làm gì, và lựa chọn ấy có tạo rủi ro mới cho khu vực bên dưới không?

Hệ thống phân biệt sự cố với tấn công bằng cách nào, và ai có thẩm quyền phản ứng với mỗi trường hợp?

Dữ liệu nào được thu mà nhiệm vụ không thật sự cần, và dữ liệu ấy được giới hạn hay xóa ra sao?

Cộng đồng dưới tuyến bay có kênh nào để phản ánh tiếng ồn hay quyền riêng tư, và phản ánh ấy dẫn tới thay đổi gì?

Nếu sự cố xảy ra ngày mai, có đủ dữ liệu để một bên độc lập dựng lại diễn biến không, và ai đã chấp nhận phần rủi ro còn lại?

KẾT CHƯƠNG

Dịch vụ ở Zurich được bay lại không phải vì có người chứng minh được rằng nó sẽ không bao giờ rơi nữa. Nó được bay lại vì sự cố đã được điều tra, nguyên nhân được hiểu, những khuyến nghị cụ thể được đưa ra và thực hiện, và một nhóm người độc lập có đủ dữ liệu để đánh giá phần rủi ro còn lại. Niềm tin vào một hệ thống dựa nhiều vào cách xử lý sự cố, không chỉ vào việc ít gặp sự cố.

Phần II đến đây khép lại. Bốn chương vừa qua cùng trả lời một câu hỏi: một năng lực tầm thấp được hình thành như thế nào, từ phương tiện bay, qua đầu ra, qua bầu trời dùng chung, tới biên tin cậy bao quanh tất cả.

Nhưng một năng lực khả thi và đủ an toàn mới là điều kiện để triển khai, chưa phải lý do để triển khai. Câu hỏi tiếp theo là năng lực ấy tạo ra giá trị ở đâu, cho ai, và hơn cách làm hiện có bao nhiêu. Phần III bắt đầu trả lời bằng cách trở lại nơi cuốn sách đã mở đầu: cánh đồng của người thanh niên phun thuê, nơi một mảng lúa bất thường đang chờ anh quyết định nên phun ngay hay nên xem kỹ trước.

PHẦN III
THỊ TRƯỜNG VÀ CÁC BÀI TOÁN ỨNG DỤNG

CHƯƠNG 8. NÔNG NGHIỆP, LÂM NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG

Vụ thứ hai, người thanh niên đã nhận hợp đồng bốn trăm hecta của hợp tác xã. Theo lịch phòng trừ, sáng mai anh phun thuốc trừ rầy cho cả khu đồng phía bắc. Chiều nay, chủ nhiệm hợp tác xã gửi cho anh mấy tấm ảnh từ trên cao, do đơn vị bay giám sát định kỳ cho hợp tác xã chụp. Trên nền lúa xanh khá đều hiện lên những mảng vàng nhạt, chạy cắt qua bờ thửa, không dồn về một góc nào.

Người bảo rầy nâu đã bùng lên. Cán bộ thủy lợi nghi một đoạn mương bị tắc. Một xã viên lớn tuổi nói khu ấy năm nào cũng bị phèn sau mưa. Có người cho rằng chỉ do nắng lúc chụp. Mỗi giả thuyết dẫn tới một việc khác nhau, và chỉ một trong số đó cần tới thuốc trừ rầy (Hình 8.1).

Anh đứng ở chỗ khó nhất. Hợp đồng trả tiền theo diện tích phun đúng lịch, nên phun cả khu vào sáng mai là cách chắc ăn nhất cho túi tiền của anh. Nhưng nếu lúa vàng vì thiếu nước hay vì phèn, phun thuốc chỉ tốn tiền vật tư, thêm độc hại cho người tiếp thuốc và cho con mương chảy qua xóm, mà lúa vẫn không xanh lại. Còn nếu đúng là rầy mà chần chừ ba ngày để đi kiểm tra, cả khu có thể cháy rầy.

Hợp tác xã có bốn cách: phun cả khu theo lịch; cử người lội từng thửa; chờ ảnh vệ tinh tuần sau; hoặc dùng ảnh từ trên cao khoanh những chỗ đáng ngờ nhất rồi cử kỹ thuật viên tới đó trước khi quyết định phun ở đâu. Cách cuối nghe hợp lý nhất, nhưng chưa chắc đã đúng. Ảnh màu không cho biết nguyên nhân. Khoanh sai chỗ thì kỹ thuật viên vẫn lội nhầm ruộng. Và nếu kết luận là chỉ cần phun một phần ba diện tích, hợp đồng hiện tại lại trả anh ít tiền hơn, dù kết quả cho hợp tác xã tốt hơn.



Hình 8.1. Cùng một mảng lúa vàng, bốn người đọc ra bốn nguyên nhân

Câu hỏi của chương là: *khi nào UAV giúp người trồng lúa, người làm vườn, chủ rừng và cơ quan quản lý ra quyết định* hay *làm việc tốt hơn cách đang làm?* Lời đáp không nằm ở thông số của chiếc máy, mà ở chỗ cả chuỗi việc, từ chuyến bay tới khi lúa xanh lại hay đám cháy được dập, có được tổ chức chặt chẽ hay không.

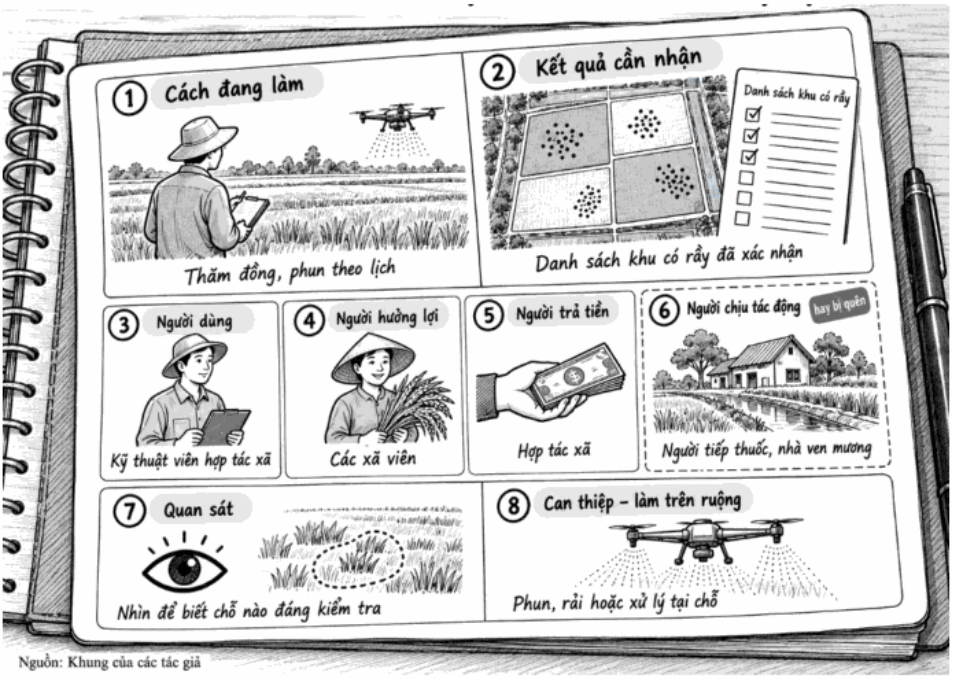
Chương đề xuất ba nguyên tắc: (i) biết mình cần nhận được gì trước khi bay; (ii) bảo đảm kết quả đáng tin trước khi tính lời lỗ; (iii) gọi đúng tên bài toán trước khi chọn phương tiện. Sau thẻ bài toán, chương đi qua ba nhóm công việc: làm trực tiếp trên đồng ruộng, quan sát để cảnh báo sớm, và theo dõi đất, rừng, nước qua nhiều mùa.

1. Thẻ bài toán

Bắt đầu từ phương tiện, người ta đi tìm mọi chỗ có thể đưa UAV vào. Nhưng bắt đầu từ bài toán, người ta phải nói rõ ai đang gặp khó khăn và quyết định nào đang bị chậm hay sai. “Dùng UAV”, “dùng ảnh đa phổ” hay “dùng trí tuệ nhân tạo” là tên của công cụ, chưa phải tên

của bài toán. "Xác định trước tối nay khu nào cần phun trừ rầy" mới là một bài toán, vì nó có người cần, có thời hạn và có hành động đi kèm.

Để mô tả một bài toán đủ rõ, cuốn sách dùng một tấm thẻ gồm bảy ô (Hình 8.2); các chương sau về điện lực, vận chuyển hay đô thị sẽ dùng lại các ô của tấm thẻ này.



Nguồn: Khung của các tác giả

Hình 8.2. Thẻ bài toán: bảy câu hỏi trước khi thuê UAV

Ô thứ nhất là cách đang làm, mà cuốn sách gọi là phương pháp nền. Với khu đồng phía bắc, đó là kỹ thuật viên đi thăm đồng rồi phun theo lịch. Mọi lời quảng cáo "nhanh hơn", "rẻ hơn", "chính xác hơn" đều phải trả lời câu hỏi: hơn cái gì? Không biết cách đang làm tốn bao nhiêu công, bao nhiêu tiền và đạt tới đâu, thì không thể nói UAV có hơn hay không.

Ô thứ hai là kết quả được chấp nhận: thứ người dùng thực sự cần nhận, kèm tiêu chí để biết thế nào là đạt. Ở đây kết quả ấy không phải một tập ảnh đẹp, mà là danh sách những khu đã được xác nhận có

rầy cần phun. Phép so sánh với cách cũ chỉ có ý nghĩa khi cả hai cách cùng làm ra kết quả ấy, ở cùng mức chất lượng.

Bốn ô tiếp theo nói về con người, và người ta hay gộp chúng làm một dù đó có thể là bốn bên khác nhau. *Người dùng* cầm kết quả để làm việc hay ra quyết định (ở đây là kỹ thuật viên hợp tác xã). *Người hưởng lợi* là người được lợi khi việc làm tốt (các xã viên). *Người trả tiền* chi cho dịch vụ (hợp tác xã, hoặc từng hộ). *Người chịu tác động* không thuê, không làm dịch vụ nhưng vẫn gánh hệ quả: người tiếp thuốc, các nhà ven mương, những thửa ruộng bên cạnh có thể bị thuốc bay sang. Khi bốn vai tách rời như vậy, dịch vụ dễ được thiết kế theo ý người trả tiền mà quên người chịu tác động.

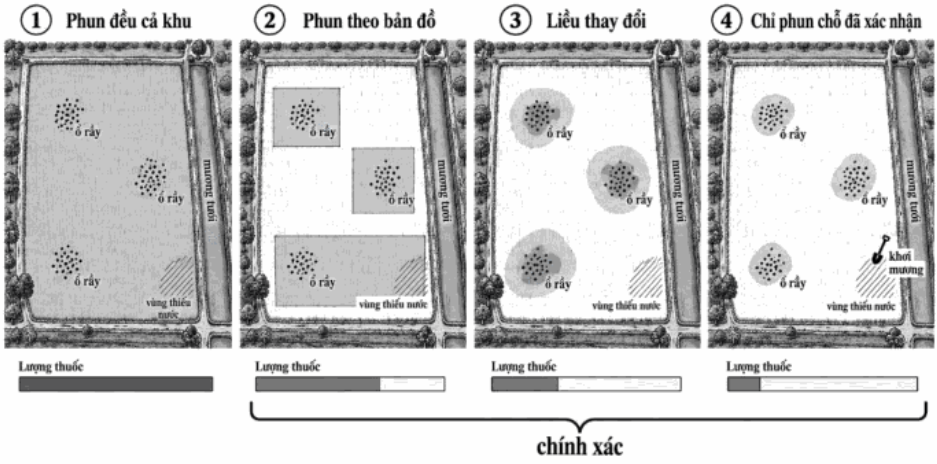
Ô cuối cùng hỏi công việc thuộc loại nào: quan sát hay can thiệp. Quan sát là chụp, đo, ghi nhận để biết rõ hơn trước khi quyết định; cái dễ sai là đọc nhầm dữ liệu. Can thiệp là tác động trực tiếp lên ruộng, như phun, rải, gieo; cái dễ sai là sai chỗ, sai lúc, sai liều, và thuốc bay đi nơi khác. Nhìn thấy chưa phải đã chữa, và đã phun chưa chắc đã phun đạt. Chuyện ở đầu chương là hai việc nối nhau: quan sát để biết phun ở đâu, rồi can thiệp để phun.

2. Khi UAV làm việc trên ruộng đồng

Phun thuốc, rải phân và gieo hạt là những ứng dụng dễ thấy nhất của UAV trong nông nghiệp. Ở Việt Nam, đây cũng là ứng dụng lan rộng nhất mấy năm gần đây, nhất là ở đồng bằng trồng lúa: riêng đồng bằng sông Cửu Long được ước tính có từ 6.000 đến 10.000 chiếc đang làm việc.[88, 97] Chính vì phổ biến, nó hay bị đánh giá bằng những con số dễ đếm như mang được bao nhiêu lít, phủ được bao nhiêu hecta một giờ. Những con số đó chỉ nói về năng lực của phương tiện, chưa nói gì về chất lượng công việc.

Phun thuốc: bốn cách làm, chỉ cách cuối có bước xác nhận kết quả

Cùng là phun bằng UAV, nhưng có bốn cách làm khác nhau về bản chất, như Hình 8.3 vẽ trên cùng một thửa ruộng: phun đều cả khu, phun theo bản đồ lập sẵn, thay đổi liều theo từng vùng nhỏ, và chỉ phun chỗ đã được kỹ thuật viên xác nhận. Ba cách sau đều phun theo từng chỗ, nhưng chỉ cách cuối có bước xác nhận kết quả tại ruộng. Hình cũng cho thấy giới hạn của cách thứ hai: bản đồ lập sẵn mà chưa có người xác nhận vẫn phun trùm cả mảng lúa vàng vì thiếu nước. Hộp 8.1 giải thích vì sao sự phân biệt này quan trọng.



Hình 8.3. Cùng một chiếc máy bay, bốn cách phun, chỉ ba cách gọi là chính xác

HỘP 8.1. NÔNG NGHIỆP CHÍNH XÁC KHÔNG ĐỒNG NGHĨA VỚI PHUN BẰNG UAV

Nông nghiệp chính xác là cách tổ chức quyết định theo sự khác biệt của từng vùng đất (không gian) và từng thời điểm (thời gian). UAV có thể là công cụ quan sát hay can thiệp trong cách tổ chức ấy, nhưng bản thân UAV không làm quy trình trở nên chính xác.

Muốn gọi một quy trình là chính xác, phải trả lời được năm câu hỏi: vị trí nào cần xử lý, căn cứ nào tạo ra chỉ dẫn ấy, điều kiện tác nghiệp ra sao, chất lượng được kiểm tra thế nào, và kết quả sau can thiệp được đánh giá bằng gì.

Nói gọn: phun bằng UAV là một khả năng kỹ thuật, còn nông nghiệp chính xác là một hệ thống ra quyết định.

Rải phân, gieo hạt: đều tay chưa phải là đúng

Rải phân và gieo sạ bằng UAV giúp làm nhanh và đỡ cho người lao động những ngày lội ruộng nặng nhọc. Cái khó riêng của hai việc này là hạt và phân phải rơi đều, không dồn thành vệt, không bỏ trống dải nào giữa hai lượt bay. Gió ngang, độ cao bay và độ ẩm của phân đều làm thay đổi kết quả, và lúa mọc thưa hay dày từng dải sẽ làm giảm năng suất cuối vụ. Vì vậy, người thuê nên yêu cầu kiểm tra mật độ ở vài điểm sau khi làm, thay vì chỉ nhận biên bản ghi số hecta.

Phun đạt hay chưa: xem nhật ký bay là chưa đủ

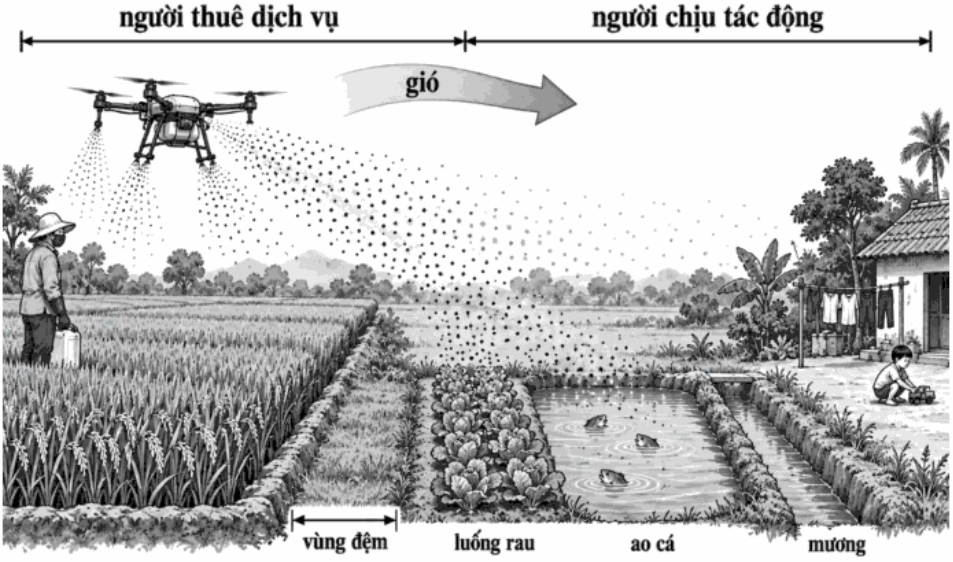
Với việc làm trên ruộng, kết quả được chấp nhận là diện tích đã được xử lý đạt yêu cầu: đúng chỗ, đúng lúc, đúng thuốc, đúng liều theo hướng dẫn kỹ thuật, trong điều kiện thời tiết cho phép. Liều lượng, cách pha hay độ cao bay là việc của quy trình ngành bảo vệ thực vật; chương này chỉ bàn cách kiểm tra. UAV ghi lại đường bay và lượng thuốc đã bơm, như Chương 5 đã nêu, và nhật ký ấy là bằng chứng quan trọng khi nghiệm thu. Nhưng đường bay đúng chưa chắc thuốc đã rơi đúng chỗ, nhất là những hôm có gió. Một dịch vụ đáng tin cần cả nhật ký lẫn một lần thăm lại ruộng sau khi phun.

Thuốc bay sang ruộng bên cạnh: những người không thuê dịch vụ

Ở nhóm công việc này, ô người chịu tác động trong tấm thẻ trở nên phức tạp nhất. Gió có thể đưa thuốc ra khỏi khu cần phun, sang ruộng rau nhà bên, xuống ao cá, xuống mương, tới cả nhà dân (Hình 8.4). Cách làm nào tiết kiệm thời gian mà tăng nguy cơ thuốc bay, hay phải tốn thêm công để kiểm soát, chưa chắc đã hơn cách cũ. Công kiểm soát ấy cũng nằm trong chi phí thật.

Với phun tay, cần tính cả công chuẩn bị, đi lại và nguy cơ ngộ độc cho người phun. Với UAV, phải tính cả công lập tuyến bay, những buổi chờ trời lặng gió, vận chuyển máy, bảo dưỡng và đi kiểm tra sau khi phun. Ruộng liền vùng hay manh mún, mùa vụ dồn hay rải đều cũng quyết định phần lớn chi phí thật: một chiếc máy năng suất cao mà phải

chạy qua nhiều khu nhỏ cách xa nhau sẽ mất phần lớn thời gian cho đi lại. Phép tính cụ thể nằm ở Chương 14.



Hình 8.4. Thuốc không dừng ở bờ ruộng: những người không thuê dịch vụ là người chịu thiệt đầu tiên

Trả tiền theo hecta hay theo kết quả

Trả tiền theo số hecta đã phun, hay tính tiền hỗ trợ theo số chuyến bay, đều khuyến khích bay nhiều thay vì làm tốt, kể cả phun chỗ không cần. Phun chính xác chỉ có chỗ đứng khi cách trả tiền thưởng cho kết quả, tức diện tích được xử lý đúng nơi cần, chứ không cho khối lượng công việc; cách xây dựng hợp đồng như vậy thuộc Chương 13.

3. Quan sát để cảnh báo sớm và xác minh

Nhóm công việc thứ hai không tác động trực tiếp lên ruộng hay rừng, mà tìm ra dấu hiệu bất thường để người khác quyết định có làm gì hay không. Theo dõi lúa và cây trồng, phát hiện sâu bệnh, phát hiện sớm cháy rừng đều thuộc nhóm này và đi qua cùng một chuỗi: thấy dấu hiệu, khoanh chỗ đáng ngờ, kiểm tra tại chỗ, rồi mới hành động.

Theo dõi lúa và cây trồng qua từng giai đoạn

Một mảng màu khác thường trên bản đồ chỉ số thực vật có thể do sâu bệnh, thiếu nước, thiếu phân, khác giống hay chỉ do nắng lúc chụp. Một tấm ảnh chỉ là một khoảnh khắc; phải có nhiều lần chụp nối nhau mới biết vùng ấy đang xấu đi, hồi lại hay chỉ dao động theo thời tiết. Một chương trình theo dõi nên bắt đầu từ câu hỏi: bay bao lâu một lần thì khớp nhịp việc đồng áng, như trước khi bón đón đòng hay trước kỳ phòng trừ, thay vì bay càng dày càng tốt.

Phát hiện sâu bệnh: máy khoanh vùng, người xác nhận

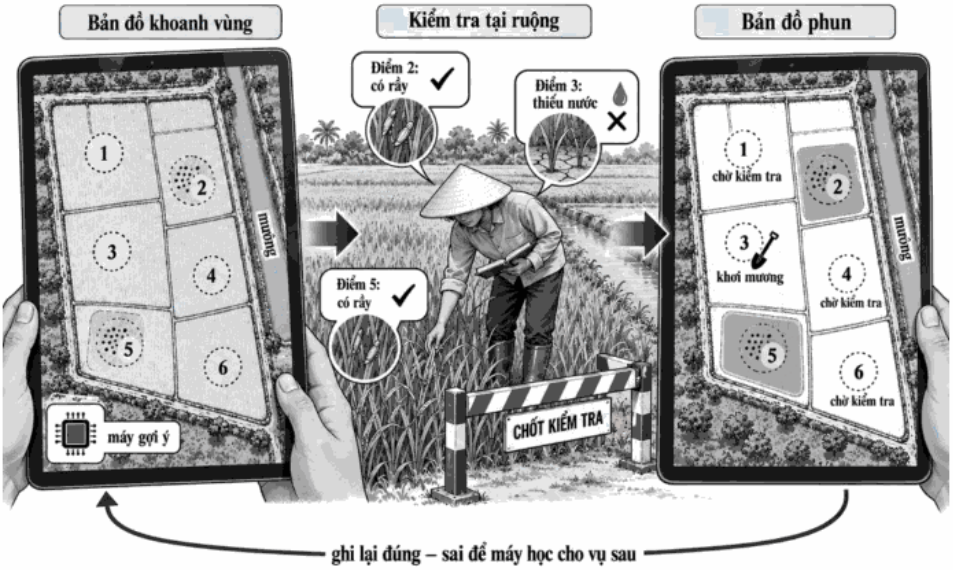
Trí tuệ nhân tạo có ích nhất ở bước khoanh vùng: xem hàng nghìn tấm ảnh, đánh dấu những chỗ đáng ngờ và xếp chúng theo mức ưu tiên. Thứ máy đưa ra mới là *dấu hiệu* (Chương 5), và có thể sai theo hai cách: cảnh báo nhầm ở chỗ không có gì, và bỏ sót chỗ có bệnh thật. Một mô hình học từ ảnh lúa ở vùng này, giống này, mùa này có thể nhận diện kém hẳn khi gặp giống khác hay vào mùa mưa, nên cần hỏi nó đã được thử ở những ruộng giống ruộng của mình hay chưa.

Ở ruộng đồng, hai cách sai có hệ quả cụ thể về nhân lực. Chỉnh máy cho nhạy để ít bỏ sót thì danh sách chỗ đáng ngờ dài ra, và hợp tác xã phải có đủ người đi xem từng chỗ. Nếu chỉ có một kỹ thuật viên, một danh sách bốn mươi điểm trong một buổi chiều cũng vô dụng như không có danh sách. Mức nhạy của máy vì thế phải đặt theo số người có thể đi kiểm tra, chứ không chỉ theo khả năng của phần mềm.

Bản đồ khoanh vùng khác bản đồ phun

Bước kiểm tra thực tế tại ruộng là khâu kiểm chứng quan trọng nhất của cả quá trình, và ở đây cần tách hai loại bản đồ. Bản đồ khoanh vùng chỉ ra chỗ cần chú ý; theo cách gọi của Chương 5, nó là một sản phẩm dữ liệu mang dấu hiệu. Bản đồ phun chỉ ra chỗ cần làm, và chỉ được lập khi kỹ thuật viên đã ra ruộng, xác nhận nguyên nhân và có kết luận chuyên môn; nó đã là một quyết định. Hình 8.5 vẽ khoảng cách giữa hai tấm bản đồ ấy.

Nếu hai loại bản đồ bị gộp làm một, dấu hiệu của máy đi thẳng thành lệnh phun mà không qua ai xem lại. Việc kỹ thuật viên ra đồng vì thế là phần thiết kế có chủ ý, không phải dấu hiệu công nghệ còn kém: máy cho biết nên đi đâu trước, người có chuyên môn biết cần nhìn gì, còn ruộng cho bằng chứng.



Hình 8.5. Máy khoanh vùng, người xác nhận: bản đồ khoanh vùng chưa phải là bản đồ phun

Ai trả công cho bước kiểm tra

Khâu kiểm tra này cần nhân lực, nhưng chi phí cho công việc ấy thường chưa được xác định rõ. Đơn vị bay giám sát được trả tiền để giao ảnh. Người thanh niên được trả tiền để phun. Kỹ thuật viên hợp tác xã phải lội ruộng lúc chiều muộn, nhưng buổi chiều ấy không nằm trong hợp đồng nào. Khi không ai nhận phần việc ấy, hợp tác xã dễ quay về phương án phun toàn bộ khu vực. Hợp tác xã muốn phun đúng chỗ phải tính công kiểm tra vào giá dịch vụ hay vào nhiệm vụ của kỹ thuật viên ngay từ đầu vụ, không đợi có ảnh mới đi tìm người.

Phát hiện sớm cháy rừng: thời gian là quý nhất

Với cháy rừng, chuỗi quan sát phải chạy trong điều kiện gấp gáp nhất. Trong sáu việc – phát hiện, xác minh, theo dõi đám cháy lan, báo tin, hỗ trợ chỉ huy và dập lửa – UAV có ích rõ ở năm việc đầu; việc cuối là nhiệm vụ chuyên môn rất nguy hiểm. Một cảnh báo cháy có ích phải kèm tọa độ, thời điểm, điều kiện quan sát và mức độ chắc chắn, chứ không chỉ một dòng "có cháy", vì nắng chiếu trên mái tôn hay một đống rơm đang đốt cũng hiện thành điểm nóng trên camera nhiệt. Cảnh báo ấy còn phải được gửi tới đúng người trong hệ thống chỉ huy phòng cháy chữa cháy rừng; gửi sai chỗ hay tới muộn thì cảnh báo chính xác mấy cũng mất giá trị. Khi đánh giá, cần đo riêng thời gian phát hiện, xác minh và xuất phát, và không quy hết thiệt hại tránh được cho chiếc UAV.

4. Theo dõi tài nguyên đất, rừng và nước qua nhiều mùa

Nhóm công việc thứ ba trải trên diện rộng và kéo dài qua nhiều năm. Ở đây giá trị của UAV thường ở chỗ thu hẹp vùng cần đi tìm.

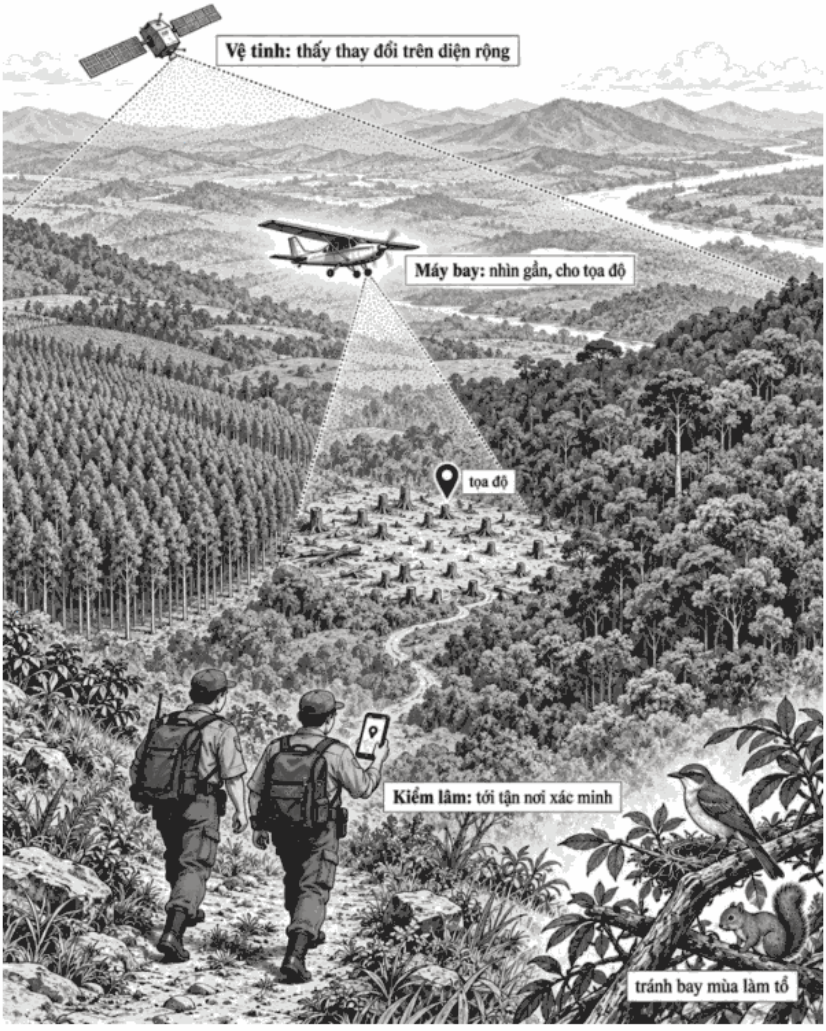
Bản đồ vùng sản xuất: tài sản chung của hợp tác xã

Bản đồ là lớp nền của cả ba nhóm công việc. Bản đồ chụp từ UAV thường gây ấn tượng vì rõ và đẹp, nhưng đẹp chưa phải là đúng. Ảnh rất nét vẫn có thể lệch vị trí vài mét nếu không có điểm đo đối chiếu dưới đất; ngược lại, một bản đồ trông kém hơn vẫn đủ dùng nếu sai số đã được kiểm tra. Một bản đồ đủ tốt để hợp tác xã chia vùng phun chưa chắc đủ để giải quyết tranh chấp ranh giới thửa hay làm hồ sơ đất đai; việc ấy theo quy định riêng về đo đạc, thuộc Phần VI.

Còn một câu hỏi nữa: ai giữ bản đồ? Nếu ảnh gốc, bản đồ và lịch sử chụp qua các vụ nằm trong phần mềm của nhà cung cấp mà hợp tác xã không lấy về được, thì mỗi lần đổi đơn vị làm dịch vụ là một lần mất trắng lịch sử đồng ruộng của chính mình. Bản đồ chỉ trở thành tài sản khi có người chịu trách nhiệm cập nhật, và chủ ruộng, chủ rừng giữ được quyền sử dụng nó.

Kiểm kê và bảo vệ rừng

Rừng rộng, đồi núi hiểm trở, không phương tiện nào phủ hết được. Cách hợp lý là chia tầng như Hình 8.6: UAV chỉ cần giúp đội tuần tra đi đúng chỗ thay vì đi dàn trải. Vì thế cái đáng đo là thời gian từ khi phát hiện thay đổi tới khi có người kiểm tra, tỷ lệ cảnh báo được xác nhận đúng, và số giờ tuần tra được dùng vào đúng việc, hơn là số hecta đã bay.



Hình 8.6. Ba tầng giám sát rừng: vệ tinh nhìn rộng, UAV nhìn gần, kiểm lâm xác minh

Đếm cây hay ước lượng trữ lượng gỗ bằng UAV chỉ nên tin khi có phương pháp và sai số rõ ràng, vì rừng keo trồng đều tuổi, thẳng hàng dễ đếm hơn hẳn rừng tự nhiên nhiều tầng tán.

Kênh mương, ao hồ và nguồn nước

Với nguồn nước, người ta dễ kết luận vượt quá những gì ảnh cho thấy hơn cả. Một vệt nước đổi màu ở cuối kênh, một lớp bọt trên mặt ao hay một vùng nước đen bên bờ sông đáng được chú ý, nhưng ảnh không cho biết đó là chất gì, đậm đặc tới đâu, có phải do ai xả ra hay không. Từ tấm ảnh tới một kết luận còn phải qua lấy mẫu đúng quy trình, phòng thí nghiệm và nhận định của chuyên gia. UAV có ích nhất ở chỗ chỉ ra nên lấy mẫu ở đâu và theo dõi vệt bất thường đang lan rộng hay thu hẹp, để cơ quan chức năng đến đúng chỗ, đúng lúc.

Một tấm ảnh chưa phải là bằng chứng

Ở cả rừng lẫn nước, thông tin do UAV ghi nhận cần được phân biệt theo từng mức độ xác minh và giá trị sử dụng trong quy trình pháp lý, song song với thang tư cách đầu ra của Chương 5: dấu hiệu, khu vực nghi ngờ, kết quả kiểm tra tại chỗ, hồ sơ nghiệp vụ, và cuối cùng là chứng cứ trong một quy trình có thẩm quyền. Gộp các bậc dễ rơi vào một trong hai sai lầm: coi nhẹ ảnh UAV vì nó chưa phải chứng cứ, hoặc coi một tấm ảnh là đủ để kết luận ai đó phá rừng hay xả thải. Khi nào hình ảnh từ trên cao được công nhận trong một thủ tục xử lý vi phạm là câu hỏi pháp lý thuộc Phần VI.

5. Mô hình ứng dụng nào thực sự có hiệu quả?

Không có "phương tiện hiệu quả" nói chung, chỉ có hiệu quả của một việc cụ thể ở một quy mô và cách tổ chức cụ thể: cùng một dịch vụ phun có thể có lời ở cánh đồng liền thửa và lỗ ở vùng ruộng bậc thang manh mún.

So sánh vì thế đi theo thứ tự của tấm thẻ: trước hết thống nhất đo bằng gì (diện tích xử lý đạt yêu cầu, chỗ có bệnh được xác nhận, cảnh

báo cháy đã xác minh, thay vì số hecta đã bay, số ảnh hay số giờ trực), rồi hỏi kết quả có đáng tin không. Chỉ sau đó mới tính tiền, kể cả cái giá của sai sót: cảnh báo nhầm làm tốn thêm công đi kiểm tra, bỏ sót làm lỡ thời điểm chữa, và một lần phun nhầm có thể thiệt hại hơn cả chi phí dịch vụ cả vụ.

Có hai loại giá trị cần tách riêng. Phát hiện sớm cháy rừng hay ô nhiễm nguồn nước có lợi lớn cho cả cộng đồng nhưng hiếm ai bỏ tiền mua, nên phải dựa vào nhiệm vụ của nhà nước (Chương 16). Ngược lại, một dịch vụ phun có khách trả tiền mà làm thuốc bay sang nhà người khác thì chưa gọi được là hiệu quả. Bảng 8.1 đặt bảy bài toán của ruộng đồng, rừng và nguồn nước cạnh nhau; Hộp 8.2 gom những câu nên hỏi trước khi thuê. Cách một mô hình thử nghiệm đi tới hợp đồng lâu dài thuộc Chương 15.

BẢNG 8.1. Bảy bài toán của ruộng đồng, rừng và nguồn nước: mỗi bài toán hơn cách cũ ở một điều kiện riêng

Kiểu	Bài toán	Kết quả được chấp nhận	Phương pháp nền thường gặp	Chỉ số giá trị chính	Điều kiện để hơn cách cũ
Can thiệp	Phun thuốc, rải phân, gieo hạt	Diện tích xử lý đạt yêu cầu, kèm nhật ký bay	Phun tay; máy phun đeo vai; gieo tay	Chất lượng xử lý; thời gian; người phun ít phơi nhiễm thuốc	Ruộng liền vùng; kiểm soát thuốc bay; nghiệm thu theo kết quả
Quan sát	Theo dõi lúa, cây trồng	Khu cần đi kiểm tra	Thăm đồng định kỳ; ảnh vệ tinh	Phát hiện sớm hơn; tỷ lệ được xác nhận	Nhịp bay khớp nhịp đồng áng; có người đi kiểm tra
Quan sát	Phát hiện sâu bệnh	Bản đồ khoanh vùng, rồi bản đồ phun sau xác nhận	Thăm đồng; bẫy đèn	Cảnh báo được xác nhận; cảnh báo nhầm; bỏ sót	Mức nhạy theo số người kiểm tra; mô hình hợp với giống, vùng
Quan sát	Phát hiện sớm cháy rừng	Cảnh báo có tọa độ, thời điểm, mức chắc chắn	Chòi canh; tuần tra; điểm nóng vệ tinh	Thời gian xác minh và báo tin	Gắn vào hệ thống chỉ huy; trực sẵn sàng

Theo dõi dài hạn	Kiểm kê, bảo vệ rừng	Tọa độ cần kiểm tra; hồ sơ hỗ trợ	Tuần tra mặt đất; ảnh vệ tinh	Thời gian từ phát hiện tới kiểm tra; độ chính xác kiểm kê	Phối hợp vệ tinh, UAV, kiểm lâm
Theo dõi dài hạn	Kênh mương, ao hồ, nguồn nước	Điểm lấy mẫu ưu tiên; diễn biến vệt bất thường	Lấy mẫu định kỳ tại điểm cố định	Thời gian xác minh; tỷ lệ cảnh báo đúng	Nối với lấy mẫu và phòng thí nghiệm
Nền	Bản đồ vùng sản xuất	Bản đồ có sai số và ghi chú rõ	Đo đạc mặt đất; bản đồ cũ	Số lần dùng lại; thời gian cập nhật	Có người cập nhật; hợp tác xã giữ được dữ liệu

Nguồn: Tổng hợp và đề xuất của các tác giả.

HỘP 8.2. SÁU CÂU HỎI TRƯỚC KHI THUÊ MỘT DỊCH VỤ BAY

- Cách đang làm tốn bao nhiêu công, bao nhiêu tiền và đạt tới đâu?
- Nghiệm thu bằng gì: số hecta máy đã bay, diện tích xử lý đạt yêu cầu, hay khu đã xác nhận có bệnh?
- Ai kiểm tra tại ruộng sau khi bay, ai trả công cho việc ấy?
- Gặp gió thì xử lý thế nào? Vùng đệm ở đâu? Ai báo cho hàng xóm và những nhà dùng nước mương?
- Ảnh gốc, bản đồ và lịch sử các vụ có được giao lại cho hợp tác xã không?
- Trả tiền theo gì, có khuyến khích làm đúng chỗ không?

KẾT CHƯƠNG

Cuối chiều hôm ấy, đơn vị bay giám sát khoanh lại sáu chỗ đáng ngờ nhất trên khu đồng phía bắc. Kỹ thuật viên hợp tác xã lội kịp ba chỗ trước khi trời tối. Hai chỗ có rầy thật, mật độ đã quá ngưỡng. Chỗ thứ ba nằm cạnh đoạn mương bị tắc, lúa vàng vì thiếu nước. Sáng hôm sau, người thanh niên phun hai khu có rầy cùng một dải đệm xung quanh, chưa tới một phần ba diện tích theo lịch, còn hợp tác xã cho người khơi lại đoạn mương. Ba chỗ còn lại được kiểm tra trong ngày.

Hợp tác xã được lợi: ít thuốc hơn, phun đúng chỗ hơn, và nguyên nhân thật của một mảng lúa vàng được xử lý. Nhưng theo hợp đồng

hiện tại, người thanh niên nhận ít tiền hơn, chính vì đã làm đúng. Hợp đồng chỉ trả theo số hecta phun đang khiến lợi ích của người làm dịch vụ đi ngược lợi ích của người thuê. Nếu chỗ lệch ấy không được sửa, lần sau anh sẽ có đủ lý do để phun cả khu.

Ba điều rút ra từ khu đồng phía bắc sẽ được dùng xuyên suốt Phần III: biết mình cần nhận được gì trước khi bay, bảo đảm kết quả đáng tin trước khi tính lời lỗ, và gọi đúng tên bài toán trước khi chọn phương tiện.

Nhưng lúa là cây sống. Nó thay đổi từng ngày, có lúc tự hồi lại, và dù một vụ thất bát để lại thiệt hại thật, ruộng vẫn còn vụ sau. Một chuỗi cách điện trên đường dây cao áp thì khác: nó có mã số, có ngưỡng kỹ thuật, có hồ sơ theo dõi suốt đời, và có người phải ký tên trước khi cho nó tiếp tục mang điện. Khi đối tượng là một tài sản như vậy, dữ liệu từ trên cao phải đạt tới mức nào để được phép thay đổi một quyết định? Chương 9 bắt đầu từ một cảnh báo hiện lên trên màn hình của người trưởng ca vận hành lưới điện.

CHƯƠNG 9. ĐIỆN LỰC, DẦU KHÍ, CÔNG NGHIỆP VÀ XÂY DỰNG

Bốn giờ chiều, một dải mây giông vừa đi qua hành lang 40 km của công ty truyền tải điện đã gặp ở Chương 4. Rơ-le bảo vệ ghi nhận một sự cố thoáng qua: đường dây ngắt rồi tự đóng điện lại, điện vẫn đi bình thường. Thiết bị định vị sự cố ước tính điểm phóng điện nằm giữa cột 27 và 29, đoạn tuyến qua đồi keo, nơi xe không vào tới chân cột.

Người trưởng ca phải xem xét tín hiệu ấy, vì tia sét có thể đã làm tổn thương một chuỗi cách điện, dễ hỏng hẳn ở cơn giông sau. Anh cũng không thể cắt điện cả tuyến chỉ vì một ước tính vị trí. Cử đội đi bộ vào đồi keo thì mất nửa ngày, mà trời sắp tối.

Chiếc UAV đa cánh quạt mà công ty đã chọn cho cột vượt sông đến hiện trường trong chưa đầy một giờ, mang về hơn sáu trăm ảnh quang học, ảnh nhiệt, tọa độ và nhật ký bay. Mô hình AI đánh dấu ba vị trí: một chỗ nóng ở mối nối lèo cột 27, điểm tin cậy cao nhất; một vệt sẫm trên chuỗi cách điện cột 28, điểm thấp nhất vì trông giống vệt bẩn; và một vật lạ trên xà cột 29.

Áp lực thật sự bắt đầu từ đây. Chỗ nóng là mối nối đang hỏng hay chỉ là bề mặt còn ướt sau mưa? Vệt sẫm là bụi hay dấu phóng điện? Ba vị trí ấy đủ để cắt điện tối nay, đủ để lập lệnh công tác trong tuần, hay chỉ đủ để bay lại? Nếu sai, ai chịu trách nhiệm? Trong tay anh là cả một thư mục ảnh, nhưng thứ anh cần là một kết luận có căn cứ để chọn: tiếp tục vận hành, kiểm tra thêm, hay sửa ngay.

Tình huống giả định do các tác giả tổng hợp.

Chương này hỏi: khi nào kết quả kiểm tra bằng UAV đủ tin cậy và đủ giá trị để trở thành căn cứ cho quyết định bảo trì, vận hành, nghiệm thu hoặc quản lý tài sản?

1. Từ kết luận chuyên môn đến quyết định về tài sản

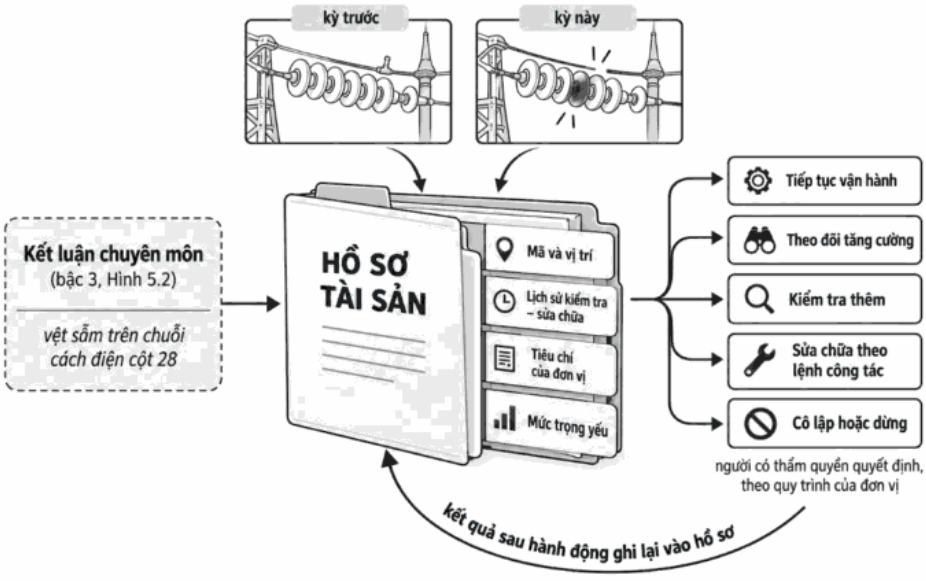
Chương 5 đã dựng thang bốn tư cách đầu ra (Hình 5.2). Ba vị trí AI đánh dấu chiều nay đang ở bậc hai: chúng mới là dấu hiệu, chưa phải kết luận. Chương này dừng ở bước khó nhất với tài sản kỹ thuật: từ kết luận chuyên môn (bậc ba) lên quyết định và hành động (bậc bốn).

Ở ruộng lúa (Chương 8), kết luận "khu này có rầy quá ngưỡng" gần như tự dẫn tới việc phải làm. Với tài sản kỹ thuật, giữa kết luận chuyên môn và quyết định xử lý còn cần đối chiếu với hồ sơ tài sản. *Hồ sơ* cho biết cấu kiện mang mã nào, nằm ở đâu, đã kiểm tra, sửa chữa ra sao, đơn vị đặt tiêu chí gì cho loại khiếm khuyết này, và nó trọng yếu tới mức nào trong hệ thống. Cùng một vệt sẫm dẫn tới hai quyết định khác nhau nếu một bên là chuỗi cách điện vừa thay trên cột đỡ giữa đồng, bên kia là chuỗi mười năm tuổi trên cột néo vượt suối. Ảnh không chứa những điều ấy, nên kết luận chỉ có đủ cơ sở để sử dụng khi được đối chiếu với hồ sơ tài sản (Hình 9.1).

Bước lên bậc bốn cũng cần tách rõ ai làm gì: kỹ sư kết luận về tình trạng cấu kiện, người trưởng ca quyết định việc vận hành, người quản lý tài sản phê duyệt lệnh công tác. Ai giữ thẩm quyền nào do quy trình từng ngành quy định, nhưng không thẩm quyền nào thuộc về người bay hay mô hình AI. AI chỉ là lớp sàng lọc: lọc hàng nghìn ảnh, đánh dấu những vùng nên xem trước. Điểm tin cậy của nó phản ánh mức một vùng ảnh giống những mẫu đã học, không phản ánh lịch sử, điều kiện lúc chụp hay vị trí của cấu kiện trong hệ thống. Vì vậy kỹ sư có quyền gạt một cảnh báo điểm cao và đưa lên đầu một cảnh báo điểm thấp; ca trực chiều nay sẽ gặp đúng chuyện ấy.

Các phép so sánh cũng cần phương pháp nền, ô đầu tiên của thẻ bài toán (Chương 8): tuần tra, leo cột, giàn giáo, camera cố định, trắc địa. Nhiều quy trình ấy đã chuẩn hóa và đáng tin, nên UAV chỉ có nghĩa khi giải được một hạn chế cụ thể. Hạn chế ấy gom được thành ba kiểu

khó, lần lượt ở ba mục sau: tài sản trọng yếu, diện rộng không được gián đoạn vận hành, và môi trường phức tạp.



Khung của các tác giả. Danh sách quyết định minh họa, không thay quy trình của từng ngành.

Hình 9.1. Kết luận chỉ thành quyết định khi đi qua hồ sơ tài sản

2. Kiểm tra đường dây và trạm biến áp: tài sản trọng yếu

Đường dây là tài sản tuyến tính, rủi ro trải dài qua nhiều địa hình; trạm biến áp là tài sản điểm, tập trung nhiều cấu kiện liên quan chặt với nhau (Hình 9.2). Mỗi đoạn tuyến hay cấu kiện có mức trọng yếu khác nhau: hỏng chỗ này chỉ ảnh hưởng cục bộ, hỏng chỗ kia gây gián đoạn diện rộng. Kế hoạch kiểm tra vì thế phải ưu tiên theo những quyết định mà việc kiểm tra phục vụ, không nhằm "phủ đều".

Phương pháp nền là tuần tra mặt đất, kiểm tra trực tiếp bằng thiết bị chuyên dụng hoặc bằng phương tiện có người lái; UAV có ý nghĩa khi điểm nghẽn là độ phủ, tiếp cận, tần suất hay phản ứng nhanh sau một bất thường.

Ảnh quang học, ảnh nhiệt hay LiDAR chỉ cho dấu hiệu: điểm nóng, vật lạ, độ võng hay vết nứt nghi ngờ. Một điểm nóng không có

nghĩa là thiết bị hỏng nếu chưa đặt nó vào điều kiện tải, môi trường, lịch sử tài sản và tiêu chí chuyên ngành. Đầu ra đáng giá là danh mục bất thường gắn đúng mã tài sản, có bằng chứng, và đi được vào quy trình quản lý: chỗ nào kiểm tra thêm, cấu kiện nào ưu tiên bảo dưỡng, việc nào phát lệnh.



UAV hỗ trợ bao phủ hành lang tuyến và tiếp cận cấu kiện khó quan sát, nhưng giá trị nằm ở danh mục bất thường gắn đúng tài sản và quyết định bảo trì.

Hình 9.2. UAV kiểm tra đường dây và trạm biến áp

3. Điện mặt trời và điện gió: kiểm tra diện rộng mà không làm gián đoạn vận hành

Nhà máy điện mặt trời gồm rất nhiều mô-đun giống nhau trải trên diện tích lớn (Hình 9.3), dễ chụp từ trên cao nhưng cũng dễ nhầm vị trí: bất thường không gắn đúng mô-đun hay chuỗi thì khó thành lệnh công tác. Ảnh quang học cho thấy bẩn, che bóng, hư bề mặt; ảnh nhiệt đánh dấu vùng lệch nhiệt, nhưng phải đối chiếu với bức xạ, trạng thái vận hành, sơ đồ điện và số liệu công suất.[22] Ảnh nhiệt cũng khác kiểm tra phát quang điện (EL, chụp tấm pin khi cho dòng điện chạy qua để lộ vết nứt, ô hỏng): chuyến bay mang camera nhiệt không thể ghi là đã

kiểm tra EL. Với chủ tài sản, câu hỏi là bao nhiêu điểm được xác nhận và bao nhiêu lệnh công tác được tạo.



UAV hỗ trợ bao phủ diện rộng và tiếp cận vị trí khó, nhưng giá trị nằm ở đầu ra phục vụ bảo trì và vận hành.

Hình 9.3. Điện mặt trời và điện gió: kiểm tra diện rộng mà không làm gián đoạn vận hành

Với tua-bin gió, trọng tâm là bề mặt cánh, xói mòn, vết nứt nghi ngờ, vỏ máy và tháp, nơi tiếp cận trực tiếp rất khó. Nhưng gió vừa là điều kiện vận hành vừa là giới hạn chuyến bay, và rung động, góc chụp, ánh sáng ảnh hưởng thẳng tới chất lượng dữ liệu. Đầu ra đáng mua là hồ sơ vùng nghi ngờ gắn vị trí trên cánh, kèm mức ưu tiên và khuyến nghị. Ngoài khơi, muối, độ ẩm, khoảng cách và phối hợp hàng hải, hàng không làm yêu cầu dự phòng tăng mạnh. "Không gián đoạn vận hành" vì thế chỉ là mục tiêu thiết kế cần kiểm chứng, không phải lợi ích mặc nhiên.

4. Nhà máy và khu công nghiệp: kiểm tra trong môi trường phức tạp

Trong nhà máy, thứ cần nhìn có thể là mái tôn, ống khói hay đường ống trên cao, nhưng xung quanh là người, xe nâng, dây chuyền

đang chạy và khu vực có thông tin nhạy cảm. Vì thế, thứ tự câu hỏi phải đảo lại: trước khi hỏi UAV thấy gì, phải hỏi nó có nên bay ở đó không. Nếu camera cố định đã đủ, UAV không thêm giá trị; nó hữu ích khi cần nhìn nhanh sau bất thường, lên bề mặt cao mà không dựng giàn giáo, hoặc lấy góc nhìn camera cố định không có (Hình 9.4).

Trong nhà, định vị vệ tinh có thể mất, kết cấu kim loại và mạng vô tuyến gây nhiễu, người và robot di chuyển. Những điều kiện ấy vừa tăng nguy cơ va chạm vừa làm hỏng dữ liệu: vị trí không ổn định thì khó gắn dấu hiệu với đúng thiết bị. Tiêu chí dừng nhiệm vụ và chấp nhận dữ liệu vì thế phải được thiết kế cùng lúc.



Hình 9.4. Nhà máy và khu công nghiệp: kiểm tra trong môi trường phức tạp
UAV giúp tiếp cận mái, kết cấu cao và khu vực khó quan sát, nhưng giá trị chỉ xuất hiện khi dữ liệu gắn đúng thiết bị, đúng vị trí và đi vào quyết định bảo trì, an toàn và vận hành

Ở dầu khí, câu hỏi có nên bay hay không thành điều kiện tiên quyết. Hành lang đường ống, bồn chứa và giàn ngoài khơi khác hẳn nhau; phương tiện hợp với tuần tra hành lang không mặc nhiên vào được bồn chứa. Thiết bị dùng trong môi trường có nguy cơ cháy nổ phải

đáp ứng những hệ thống chứng nhận riêng, như ATEX ở châu Âu hay IECEx ở phạm vi quốc tế.[23, 26] Một bộ phận được chứng nhận chưa có nghĩa là cả phương tiện, pin, đường truyền và quy trình đều đạt; gắn cảm biến khí lại càng không biến UAV thành thiết bị chống cháy nổ. Đánh giá rủi ro theo nguyên lý của Chương 7 vẫn phải làm, và kết quả hợp lệ của nó có thể là "không triển khai".

Ngay cả khi được phép bay, UAV chỉ sàng lọc bề mặt (Hộp 9.1). Ngoài khơi, riêng dự phòng phương tiện, đường truyền và nhân sự có thể chiếm phần lớn chi phí, nên một chuyến bay trình diễn thành công chưa chứng minh được khả năng khai thác thường xuyên.

HỘP 9.1. NHÌN THẤY BỀ MẶT CHƯA BIẾT BÊN TRONG

UAV ghi nhận những gì lộ ra ở bề mặt: màu sắc, nhiệt, hình dạng, vết nứt nhìn thấy được. Nhiều khiếm khuyết quyết định độ an toàn của tài sản lại nằm bên trong: thành ống mỏng dần vì ăn mòn, mối hàn nứt dưới lớp sơn, nước thấm trong thân đê. Một vùng lún trên mặt đê hay một vệt nhiệt trên thành bồn vì thế chỉ là lý do để gọi tới kiểm tra không phá hủy, quan trắc hay thử nghiệm. UAV giúp chỉ ra nên dùng những phương pháp tốn kém ấy ở đâu.

5. Đo đạc, khảo sát và lập bản đồ

Ảnh trực giao, đám mây điểm, mô hình ba chiều càng chi tiết càng có vẻ chính xác và có giá trị pháp lý. Nhưng độ phân giải, độ chính xác và tư cách sử dụng là ba thứ khác nhau: điểm ảnh nhỏ chưa nói gì về vị trí tuyệt đối nếu thiếu hệ quy chiếu, điểm kiểm tra, hiệu chuẩn và phiên bản xử lý. Khi sản phẩm dùng trong quản lý nhà nước, việc quy chiếu về hệ tọa độ quốc gia VN-2000 phải làm theo quy trình chuyên môn, không chỉ ghi như một cái nhãn. Dùng nội bộ, làm tài liệu kỹ thuật hay làm đầu vào cho thủ tục pháp lý lại là ba mục đích sử dụng khác nhau, do hợp đồng và quy định định đoạt (Phần VI).

Đê, đập và hồ chứa cho thấy giá trị của việc đo lặp lại. Một chuyến bay cho một bức ảnh đẹp của mặt đê. Nhiều chuyến bay cùng hệ quy chiếu, cùng điểm kiểm tra, cách nhau theo mùa lũ, cho một hồ sơ hiện trạng có thể đối chiếu giữa các kỳ kiểm tra: chỗ nào lún thêm, mái thay

đổi hay ẩm khác thường. Hồ sơ ấy khoanh nơi kỹ sư thủy lợi cần tới, nhưng không thay hệ thống quan trắc.

Ở công trường, giá trị của số liệu bị tranh luận nhiều nhất, vì nó gắn trực tiếp với nghiệm thu và thanh toán, vì có tiền và hợp đồng đi kèm. Cùng một bộ dữ liệu công trường phục vụ năm mục đích có giá trị khác nhau: theo dõi tiến độ, ước tính khối lượng, xác nhận khối lượng, nghiệm thu, và làm chứng cứ khi tranh chấp. Người bay không mặc nhiên xác nhận khối lượng; người dựng mô hình không có quyền nghiệm thu. Sai lệch nhìn thấy cũng chưa có nghĩa nhà thầu vi phạm: thiết kế có thể đã đổi mà chưa đồng bộ, hoặc khu vực bị che lúc bay. Khi kết quả đi vào mô hình thông tin công trình (BIM), mỗi thay đổi phải cho biết ai sửa, dựa trên dữ liệu nào. Khi số liệu UAV và trắc địa mặt đất vênh nhau, không bên nào được chọn con số có lợi cho mình; niềm tin đến từ quy trình tìm ra nguyên nhân của chỗ vênh.

6. Kiểm kê tài sản: từ danh sách tài sản đến hồ sơ vòng đời

Kiểm kê là lúc hồ sơ tài sản được lập hoặc sửa. Nó chỉ xong khi mỗi cột, mỗi tấm pin mà UAV đếm được đã đối soát với danh mục đang quản lý, gắn mã, và có người chịu trách nhiệm cập nhật. Nếu báo cáo kiểm kê không được đưa vào hệ thống thì hồ sơ vẫn sai như cũ.

Một mô hình ba chiều cũng không tự thành "bản sao số" nếu không được liên kết với tài sản và vòng đời của nó. Quyền với dữ liệu lại khác quyền sở hữu tài sản vật lý: ai giữ bản gốc, ai được dùng lại, vào việc gì, phải ghi trong hợp đồng (Chương 13).

7. Mô hình kiểm tra nào thực sự tạo ra giá trị?

Không thể đánh giá mức độ an toàn của đường dây chỉ bằng số cây số đã bay kiểm tra, cũng không thể đánh giá tính minh bạch của công trường chỉ bằng số ảnh đã chụp. Một chuỗi đáng tin cũng chưa chắc đã đáng làm: tần suất thấp, phạm vi nhỏ, chi phí kết luận cao hay phương pháp nền đã đủ tốt đều làm một nhiệm vụ khả thi về kỹ thuật mất ý nghĩa kinh tế. Người ta nói "UAV kiểm tra đường dây", nhưng

UAV chủ yếu làm công đoạn tiếp cận và ghi nhận, nên người mua phải biết mình mua gì: một chuyến bay, một bộ dữ liệu, một danh sách dấu hiệu hay một kết luận về tình trạng tài sản. Hợp đồng không ghi đầu ra được giao ở điểm dừng cam kết nào (Chương 2) thì người mua dễ tưởng đã mua kết quả kiểm tra, trong khi thứ nhận về chỉ là một bộ ảnh (Chương 13).

Thời gian cần đo không phải thời gian bay mà là *thời gian tới quyết định*: chuẩn bị, huy động, bay, xử lý, kết luận, phê duyệt, cập nhật hồ sơ. Bay nhanh mà dữ liệu nằm chờ kỹ sư hai tuần thì quyết định không nhanh hơn. Chi phí cũng phải tính cả chuỗi, kể cả công xử lý cảnh báo nhầm (Chương 14). Riêng "thiệt hại tránh được" là con số dễ bị thổi phồng nhất, vì nó đòi ước tính xác suất sự cố, mức thiệt hại và phần đóng góp thật của cuộc kiểm tra; chưa có bằng chứng thì chỉ ghi là biến cần đo. Bảng 9.1 xếp bảy loại tài sản theo một câu hỏi: kết quả có đổi được một quyết định về tài sản và dẫn tới hành động tốt hơn không?

BẢNG 9.1. Bảy loại tài sản, bảy chỗ dừng khác nhau

Loại tài sản	Hạn chế của phương pháp nền	Dấu hiệu UAV ghi nhận	Người kết luận	Đầu ra đi vào quyết định nào
Đường dây, trạm biến áp	Tuần tra chậm; khó tới chỗ hiểm; phản ứng sự cố lâu	Chỗ nóng, vệt sẫm, vật lạ, độ võng thay đổi	Kỹ sư đường dây, trạm	Tiếp tục vận hành; theo dõi; lệnh công tác; cắt điện công tác
Điện mặt trời, điện gió	Kiểm tra mặt đất chậm trên diện rộng; tiếp cận cánh phải dừng máy lâu	Vùng nóng trên mô-đun; vết trên cánh	Kỹ sư vận hành – bảo dưỡng	Thứ tự bảo dưỡng; thay mô-đun; sửa cánh
Nhà máy, khu công nghiệp	Giàn giáo cho bề mặt cao; góc mù camera cố định	Khác biệt trên mái, ống, kết cấu	Kỹ sư thiết bị; bộ phận an toàn	Bảo trì; cô lập; kiểm tra sâu

Đường ống, bồn chứa, dầu khí	Người phải đu dây vào vùng nguy hiểm	Vết ăn mòn bề mặt, vệt nhiệt, nồng độ khí	Chuyên gia kiểm tra không phá hủy; bộ phận an toàn	Kiểm tra không phá hủy; sửa chữa; cô lập; không triển khai
Đê, đập, hồ chứa	Khảo sát thưa, khó so các kỳ	Lún, xói, mái biến dạng, vùng ẩm	Kỹ sư thủy lợi, công trình	Tăng tần suất theo dõi; kiểm tra sâu; ưu tiên xử lý
Đo đạc, giám sát xây dựng	Trắc địa chậm khi phải lặp lại	Sai lệch so với thiết kế, kế hoạch	Kỹ sư trắc địa; tư vấn giám sát; chủ đầu tư	Điều chỉnh tiến độ; đối chứng; nghiệm thu theo quy trình
Kiểm kê tài sản	Khảo sát trực tiếp tốn công; danh mục cũ	Đối tượng nhận ra trên ảnh; số đếm	Người quản lý tài sản và dữ liệu	Cập nhật hồ sơ; đối soát; kế hoạch bảo trì

Nguồn: Khung của các tác giả; so sánh định tính, không thay tiêu chuẩn và quy trình riêng của từng ngành.

HỘP 9.2. NĂM CÂU HỎI TRƯỚC KHI MỘT KẾT QUẢ KIỂM TRA VÀO HỒ SƠ TÀI SẢN

1. Kết quả gắn với mã tài sản nào, và ai đã kiểm tra rằng gắn đúng?
2. Nó đang ở tư cách nào, dấu hiệu hay kết luận chuyên môn, và ai đã ký?
3. Điều kiện ghi nhận lần này có so được với kỳ trước không: cùng mùa, cùng giờ, cùng mức tải, cùng cấu hình cảm biến?
4. Hệ thống nào nhận kết quả, và ai tạo lệnh công tác từ đó?
5. Dữ liệu thô do ai giữ, được dùng lại vào những việc gì, và ai quyết định việc dùng lại?

KẾT CHƯƠNG

Bảy giờ tối, chị kỹ sư trực mở hồ sơ của ba vị trí. Mối nối lèo cột 27, nơi mô hình chấm điểm cao nhất, vừa được thay hai tháng trước và ba lần đo sau đó đều ổn định; ảnh nhiệt chiều nay chụp khi bề mặt còn ướt và đường dây đang tải thấp. Chị chỉ để nghị đo lại vào giờ cao điểm ngày mai. Vật lạ trên xà cột 29 là một tổ chim đã có trong hồ sơ. Còn vệt sẫm ở cột 28, điểm mô hình xếp cuối, nằm trên một chuỗi cách điện

mà ảnh quý trước còn sạch, ở đúng đoạn đã ước tính, trên một cột néo vượt suối. Chị kết luận nghi dấu phóng điện và đề nghị thay chuỗi.

Người trưởng ca không cắt điện tối hôm đó. Sáng hôm sau, người quản lý tài sản phê duyệt lệnh công tác thay chuỗi cách điện cột 28, gộp vào lần cắt điện công tác gần nhất trong tuần. Không bức ảnh nào thay đổi giữa bốn giờ chiều và bảy giờ tối. Thứ đã đảo ngược thứ tự ưu tiên là hồ sơ tài sản và người đọc hồ sơ ấy.

Một kết quả kiểm tra bằng UAV vì thế đủ tin cậy khi dữ liệu gắn đúng tài sản, đúng điều kiện ghi nhận, và dấu hiệu được người có chuyên môn kết luận trong hồ sơ của chính tài sản ấy. Nó đủ giá trị khi làm cho quyết định tốt hơn hoặc sớm hơn so với phương pháp nền, với một người chịu trách nhiệm và một hành động kiểm chứng được.

Trong kiểm tra công nghiệp, UAV được đưa tới hiện trường để thu thập dữ liệu và bằng chứng. Chương 10 đảo chiều ấy: UAV mang vật tư, thuốc hay một trạm chuyển tiếp liên lạc tới một cụm dân cư vừa bị sạt lở chia cắt. Khi trọng tâm là món hàng và người nhận ở đầu kia, mọi phép tính phải làm lại từ đầu.

CHƯƠNG 10. LOGISTICS, Y TẾ VÀ CỨU HỘ

Mưa kéo dài từ đêm. Gần sáng, một mảng sườn núi trượt xuống chặn con đường độc đạo vào cụm dân cư phía trong. Tại phòng trực của trung tâm chỉ huy ứng phó thiên tai, bản đồ số liên tục hiện thêm đánh dấu mới: điểm mất điện, vị trí liên lạc chập chờn, đoạn đường chưa kiểm tra được, khu vực có nguy cơ sạt tiếp. Trạm y tế bên kia điểm chia cắt báo cần vật tư. Một nhóm người chưa liên lạc được.

Trên bàn chỉ huy có nhiều phương án: chờ mở đường, cử người đi bộ theo tuyến vòng, huy động phương tiện chuyên dụng, hoặc triển khai một tổ hợp UAV gồm một chiếc mang vật tư, một chiếc quan sát vùng tìm kiếm và hai chiếc luân phiên làm trạm chuyển tiếp liên lạc. UAV cất cánh được ngay và bay thẳng, nhưng thời tiết đang biến động, địa hình che khuất tín hiệu, điểm nhận hàng chưa chuẩn bị, còn vùng trời có thể đang có nhiều lực lượng khác.

Mỗi người trong phòng hỏi một câu khác nhau: người vận hành hỏi về năng lượng và liên lạc, người phụ trách y tế hỏi vật tư tới nơi còn dùng được không, chỉ huy tìm kiếm hỏi dấu hiệu trên ảnh là người hay nhiễu, còn người phụ trách an toàn nghĩ tới lúc phương tiện mất liên kết hay rơi vào nơi có người. Ngay cả khi UAV bay tới đúng tọa độ, nhiệm vụ vẫn có thể hỏng: hàng thả xuống mà không ai xác nhận đã nhận, ảnh truyền về không đủ tin để điều lực lượng, trạm chuyển tiếp chạy mà không nối được vào mạng liên lạc đang dùng. Chuyến bay thành công về mặt kỹ thuật vẫn có thể là dịch vụ thất bại đối với người cần kết quả.

Khác với Chương 9, chương này xét những nhiệm vụ có hành trình giữa các điểm, nên đơn vị phân tích là cả chuỗi dịch vụ, từ lúc nhu cầu xuất hiện tới lúc kết quả được xác nhận. Câu hỏi trung tâm của chương: khi nào một nhiệm vụ UAV trở thành dịch vụ logistics, y tế hay cứu hộ đáng tin cậy, tức đưa đúng vật, đúng thông tin hay đúng

năng lực hỗ trợ tới đúng nơi, đúng lúc, có xác nhận và rõ ai chịu trách nhiệm?

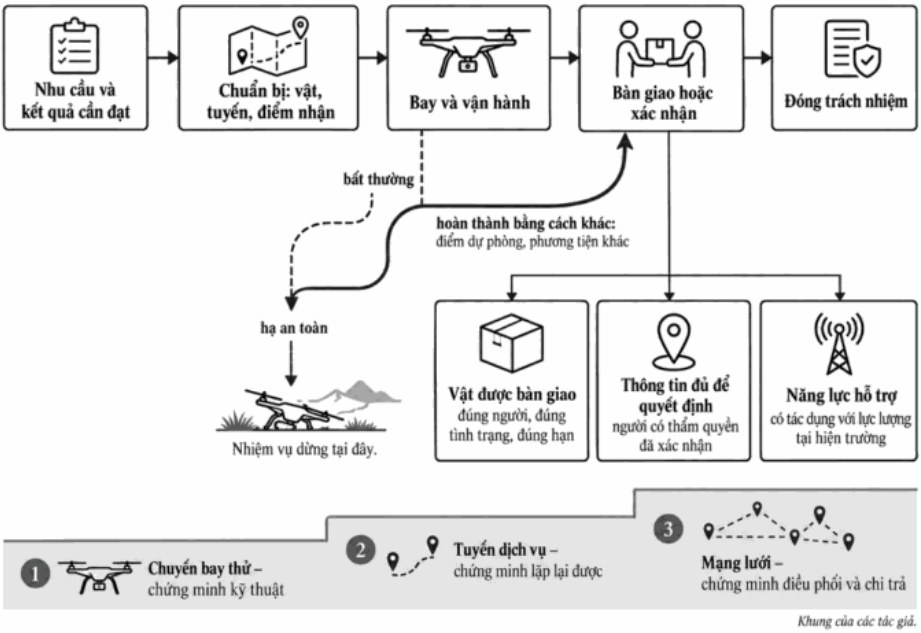
1. Từ chuyến bay đến dịch vụ được bảo đảm

Bệnh viện, doanh nghiệp hay trung tâm cứu hộ không chỉ cần phương tiện thực hiện chuyến bay. Họ cần giải quyết công việc đúng hạn và đúng yêu cầu, vì chậm trễ hay sai sót có thể gây hậu quả nghiêm trọng. Vì vậy phải tách ba lớp: chuyến bay, nhiệm vụ, dịch vụ, tức một lát cắt của chuỗi chuyển hóa ở Chương 1. *Chuyến bay* là một lần cất cánh; *nhiệm vụ* gắn chuyến bay với một mục tiêu, như chở một kiện thuốc hay quét một sườn đồi; *dịch vụ* gồm cả tiếp nhận yêu cầu, chuẩn bị, vận hành, bàn giao hay xác nhận, xử lý khi thất bại và xác định trách nhiệm. Chuyến bay có thể xong mà nhiệm vụ không đạt; nhiệm vụ đạt một lần chưa thành dịch vụ. Một dịch vụ đáng tin cậy không có nghĩa là mọi chuyến bay đều phải hoàn hảo; điều quan trọng là phải phát hiện sai lệch, có phương án khắc phục và không để người nhận phải gánh những rủi ro không thuộc trách nhiệm của họ. *Mức dịch vụ* là cam kết đo được về thời gian, độ sẵn sàng, chất lượng và cách xử lý khi không đạt; nó biến "giao nhanh" thành điều kiểm tra được.

Phòng chỉ huy sáng nay đang cân nhắc ba nhóm kết quả, mỗi nhóm hoàn thành theo một cách. *Việc vận chuyển thuốc, máu, mẫu xét nghiệm hay nhu yếu phẩm chỉ hoàn thành khi* đúng vật tới đúng người, đúng tình trạng, đúng hạn, kèm bằng chứng. *Việc cung cấp thông tin phục vụ quyết định, như tọa độ tìm kiếm hay bản đồ hiện trường, chỉ hoàn thành khi* người có thẩm quyền xác nhận; theo thang tư cách đầu ra (Chương 5), thông tin ấy phải đi từ sản phẩm dữ liệu lên kết luận chuyên môn. *Năng lực hỗ trợ*, như quan sát hay chuyển tiếp liên lạc, chỉ xong khi lực lượng tại hiện trường dùng được nó. Ba nhóm vì thế không dùng chung một thước đo (Hình 10.1).

Bàn giao là thời điểm vật hay quyền kiểm soát được chuyển cho đúng người, tình trạng được xác nhận và bằng chứng được lưu. Trong cứu hộ, bàn giao có thể là chuyển một tọa độ cho bộ phận có quyền điều

lực lượng. *Chuỗi kiểm soát* ghi lại ai đã đóng gói, niêm phong, vận chuyển, mở và tiếp nhận vật hay dữ liệu. Nếu thiếu thông tin đó, các bên khó xác định sai lệch phát sinh ở khâu nào (Hộp 10.1).



Khung của các tác giả.

Hình 10.1. Nhiệm vụ chỉ thành dịch vụ khi chuỗi khép kín, kể cả khi có bất thường

Phương án xử lý khi nhiệm vụ không hoàn thành cũng phải được chuẩn bị trước khi cất cánh. Không hạ được, người nhận vắng mặt, mất liên kết, thời tiết đổi: mỗi trường hợp cần một ngưỡng và một người có quyền quyết định tiếp tục, quay về hay hủy. Nhưng hạ cánh an toàn (Chương 7) mới là một phần của phương án ứng phó; phần còn lại là việc riêng của dịch vụ: khi chuyến bay không thành, người dùng vẫn nhận được kết quả bằng cách nào? Đó có thể là một điểm hạ dự phòng đã có người chờ, một phương tiện khác, hay một kiện dự phòng đi theo đội mặt đất.

HỘP 10.1. ĐẾN ĐÚNG TỌA ĐỘ CHƯA PHẢI HOÀN THÀNH DỊCH VỤ

Một UAV có thể tới đúng điểm mà dịch vụ vẫn thất bại: hàng giao không đúng, người nhận chưa xác định, thuốc vượt điều kiện bảo quản, dữ liệu không đủ để

quyết định, hoặc phương tiện phải rời đi trước khi kết quả được xác nhận. Điểm cuối của dịch vụ không nằm ở tọa độ hạ cánh mà ở lúc người dùng tiếp nhận kết quả và hành động được; hợp đồng và thử nghiệm phải đo ở điểm cuối ấy.

2. Vận chuyển trong y tế: giá trị ở thời gian và chất lượng

Trên bản đồ, đường bay nối hai điểm gần như một đoạn thẳng; dưới mặt đất, cùng hai điểm ấy phải vòng qua đèo, cầu hay bến đò. Nhưng lợi thế ấy thường chỉ xuất hiện ở một chặng của toàn bộ hành trình, như từ đường chính vượt qua điểm sạt lở tới trạm y tế, phần còn lại vẫn do xe, tàu và người đảm nhiệm. So đường chim bay với cả quãng đường bộ là cách dễ nhất để phóng đại lợi ích. Phải tách chuỗi thành từng đoạn và tìm đúng đoạn nghẽn.

Thời gian đầu cuối tính từ lúc tiếp nhận yêu cầu tới lúc người nhận xác nhận, gồm cả chuẩn bị, chờ thời tiết, bàn giao và chiều về. Điểm hạ chưa sẵn sàng thì tốc độ bay ít ý nghĩa. Điểm đầu và điểm cuối vì thế là hạ tầng của dịch vụ: nơi có vùng an toàn mặt đất, người nhận xác định và phương án khi không hạ được. Một bãi đáp xây trước, không nằm trong chuỗi giao nhận nào, chỉ là một khoảng sân.

Với hàng y tế, yêu cầu khác nhau tùy loại hàng hóa được vận chuyển. Thuốc, vắc-xin, máu, mẫu xét nghiệm và vật tư cấp cứu hay bị gom chung một tên, nhưng có loại cần giữ nhiệt độ, có loại nhạy với rung hay thời gian, có loại liên quan an toàn sinh học. Mỗi nhiệm vụ phải bắt đầu từ *hồ sơ của vật mang theo*: yêu cầu bảo quản, bao gói, người có thẩm quyền tiếp nhận, điều kiện chấp nhận hay từ chối. Những yêu cầu ấy do quy trình chuyên môn quyết định, không do nhà vận hành tự đặt.

Không có "thời gian vàng" chung cho mọi tình huống. Điểm kết thúc là lúc vật được người có thẩm quyền chấp nhận và sẵn sàng dùng, không phải lúc nó tới cổng bệnh viện. Một chuyến nhanh mà làm vật vượt điều kiện bảo quản cho phép có thể kém hơn một cách chậm nhưng kiểm soát được. Chuỗi lạnh không chỉ nằm trong hộp bảo quản mà còn ở thời gian chờ trước khi nạp, nhiệt độ ở điểm cất hạ, việc ghi và cảnh

báo liên tục. Quy trình từ chối quan trọng như quy trình chấp nhận: vật không đạt thì ai giữ, bảo quản ở đâu, báo cho ai. Với vật mang có nguy cơ sinh học, sự cố còn đòi cô lập khu vực và báo đơn vị chuyên môn.

Đảo và vùng sâu vùng xa bộc lộ một yêu cầu khác: độ tin cậy theo tuần, theo mùa. Một chuyến tiếp tế thành công không giải được bài toán của cộng đồng. Họ cần biết ngày nào có dịch vụ, loại hàng nào được nhận, ai gom nhu cầu và điều gì xảy ra khi biển động. Gió, mưa, hơi muối và liên lạc chập chờn không loại UAV khỏi bài toán, nhưng phải được tính vào mức dịch vụ; thử trong mùa khô chưa chứng minh được cả năm. Có hàng cho chiều về hay không, như mẫu xét nghiệm, nông sản hay linh kiện cần sửa, thường quyết định tuyến có trụ được sau giai đoạn hỗ trợ. Ở Ghana, mạng của Zipline đã bay hơn 540.000 chuyến giao tới tháng 4/2024, nhưng chính cách trả tiền cho mức dịch vụ ấy về sau trở thành điểm tranh luận (Chương 13).[130]

3. Cứu hộ thiên tai và tìm kiếm người mất tích

Trong tìm kiếm, áp lực lớn nhất là vùng rộng và thời gian ngắn. UAV đưa camera và ảnh nhiệt tới khe núi, bờ suối, mái nhà mà đội mặt đất không thể cùng lúc tới hết. Đầu ra của nó là một tập dấu hiệu cần xác minh. Thước đo đúng vì thế là thời gian tới một dấu hiệu đã xác minh, không phải diện tích đã quét.

Bay trước khi có giả thuyết tìm kiếm thì ghi nhận rất nhiều mà ít giá trị. Lời nhân chứng, địa hình và thói quen của người mất tích giúp khoanh vùng; UAV kiểm tra nhanh vùng ưu tiên; lực lượng mặt đất xác nhận và tiếp cận. Không cảm biến nào nhìn xuyên mọi vật cản: tán cây, mái che, sương, khói và bề mặt giữ nhiệt đều che hoặc làm méo dấu hiệu, và một chấm nóng có thể là người, gia súc hay mái tôn. Trong hai kiểu sai Chương 5 đã nêu, bỏ sót ở đây nguy hiểm hơn cảnh báo nhầm, vì nó tạo cảm giác một khu đã được kiểm tra. Bản đồ tìm kiếm vì thế phải thể hiện cả chất lượng quan sát: *đã quét chưa phải đã loại trừ*; *thấy người trên ảnh chưa có nghĩa là đã tiếp cận được họ.*

Trong sự cố lớn, UAV chỉ có ích khi được giao việc trong một hệ thống chỉ huy thống nhất: ai yêu cầu, khu nào ưu tiên, sản phẩm gì, chia sẻ qua kênh nào, điều kiện nào buộc dừng. Thiếu chỉ huy chung, mỗi đơn vị tự bay: dữ liệu phân mảnh, nhiệm vụ chồng chéo, và một chuyến bay có ích với đội vận hành có thể cản đường trực thăng. Thứ tự ưu tiên trên vùng trời phải gắn với mục tiêu cứu hộ, không với chủ sở hữu thiết bị. "UAV cứu hộ" cũng là cụm từ rộng: quan sát cháy khác chữa cháy, phát hiện người khác đưa người ra, thả vật tư khác bàn giao vật tư.

Trạm chuyển tiếp liên lạc được đo bằng tác dụng: nhóm nào được nối, vùng phủ thực tế ra sao, có tương thích với thiết bị đang dùng không. Chỉ dùng một chiếc thì chiếc ấy hỏng là mất liên lạc; tình huống kéo dài cần luân phiên phương tiện, nguồn điện và người trực. Còn đánh giá thiệt hại chỉ có giá trị khi sản phẩm đổi được thứ tự hành động: tuyến nào mở trước, công trình nào kiểm tra khẩn, khu nào phong tỏa. Cùng dữ liệu ấy phục vụ chỉ huy, kỹ sư, giám định và bảo hiểm với giá trị và quyền truy cập khác nhau, như dữ liệu công trường ở Chương 9. Truy xuất được không có nghĩa là chia sẻ rộng.

4. Bay ngoài tầm nhìn trực quan: điều kiện để một chuyến bay trở thành tuyến dịch vụ

Nhiều tuyến vận chuyển và vùng tìm kiếm không thể giữ phương tiện trong tầm mắt người điều khiển. Năng lực kỹ thuật của bay ngoài tầm nhìn trực quan (BVLOS) đã bàn ở Chương 6; ở đây chỉ hỏi những điều kiện nào phải cùng có để một chuyến bay khuất tầm mắt thành tuyến khai thác đều đặn hằng tuần. Một đoạn video quay UAV khuất sau núi rồi quay về chưa chứng minh được điều đó; cần xét đủ bốn lớp.

Lớp con người và tổ chức: người vận hành phải dựa vào màn hình giám sát và quy trình thay cho việc nhìn bằng mắt, số nhiệm vụ một người theo dõi phải có giới hạn, và quyền hủy nhiệm vụ phải được bảo vệ trước áp lực hoàn thành đơn hàng. Lớp phương tiện: phương tiện phải có hành vi định sẵn cho từng loại bất thường, và với tải y tế phải

theo dõi cả trạng thái của vật. Lớp hạ tầng: vùng phủ liên lạc được khảo sát trên chính tuyến, điểm hạ khẩn cấp được chọn từ trước. Lớp thể chế: đánh giá rủi ro theo nguyên lý của Chương 7 không phải giấy phép, và có thể không còn đủ khi tuyến, tải hay điểm nhận thay đổi. Chi phí của cả bốn lớp phải vào giá dịch vụ; nếu thử nghiệm được tài trợ riêng những khoản này, tuyến chỉ hiệu quả trên giấy.

5. Hiệu quả và giới hạn: khi nào đáng làm và đáng mở rộng

Phương pháp nền để so sánh là cách đang dùng hay một phương án hợp lý, không phải kịch bản cố tình làm xấu, và phải cùng đơn vị kết quả: UAV giao tới điểm trung chuyển còn xe giao tới tận người nhận thì hai con số không so được. Thời gian đầu cuối phải tính cả chuyến hủy và chuyến phải đổi phương án; lấy trung bình của chuyến thành công là cách nhanh nhất để thổi phồng mức dịch vụ. Người hưởng lợi cũng thường khác người trả tiền. Lợi ích của logistics vùng xa được chia cho người dân, trạm y tế, doanh nghiệp nhỏ và chính quyền, nhưng nhu cầu của từng bên không đủ nuôi một mạng. Cơ chế chi trả vì thế là một phần của thiết kế dịch vụ (Chương 17), còn phép tính chi phí thuộc Chương 14. Bảng 10.1 đặt sáu bài toán cạnh nhau theo thời điểm hoàn thành.

Cuối cùng là chuyện gọi đúng tên. Một chuyến bay thử thành công chứng minh phương tiện làm được nhiệm vụ trong một điều kiện nhất định; tuyến dịch vụ phải chứng minh nhu cầu đủ thường xuyên, thời hạn cam kết được và dự phòng đủ tin; mạng lưới phải chứng minh khả năng điều phối nhiều tuyến, chia sẻ hạ tầng và có người trả tiền lâu dài. "Đã thử nghiệm kết nối" vì thế khác "đang khai thác tuyến", và "nhiều điểm dự kiến" khác "một mạng đang hoạt động". Cách đi từ chuyến bay thử lên tuyến, rồi lên mạng lưới, là nội dung của Chương 15 và 18.

BẢNG 10.1. Sáu bài toán, sáu thời điểm hoàn thành

Bài toán	Nhóm kết quả	Hoàn thành khi	Chỉ số đầu cuối	Điều kiện để thành tuyến hoặc duy trì

Hàng hóa vùng khó tiếp cận	Vật được bàn giao	Kiện tới đúng người, đúng tình trạng, đúng hạn, có ký nhận	Thời gian đầu cuối; tỷ lệ hoàn thành; hàng hỏng, mất	Nhu cầu lặp lại; điểm giao nhận có người; chiều về
Thuốc, máu, mẫu xét nghiệm	Vật được bàn giao	Người có thẩm quyền chấp nhận; vật còn dùng được	Thời gian tới chấp nhận; tỷ lệ đạt; sai lệch bảo quản	Quy trình chuyên môn; bao gói; quy trình từ chối
Đảo, vùng sâu, vùng xa	Vật được bàn giao	Dịch vụ chạy theo lịch hoặc điều kiện đã công bố	Tần suất; tỷ lệ đáp ứng; độ tin cậy theo mùa	Mật độ nhu cầu; chiều về có tải; bảo trì tại chỗ; nguồn chi trả
Tìm kiếm người mất tích	Thông tin đủ để quyết định	Tọa độ đã được xác minh tại hiện trường	Thời gian tới dấu hiệu đã xác minh; cảnh báo nhầm, bỏ sót	Giả thuyết tìm kiếm; người rà soát; bản đồ ghi chất lượng quan sát
Cứu hộ thiên tai, cháy nổ	Năng lực hỗ trợ	Lực lượng hiện trường dùng được liên lạc và sản phẩm UAV	Thời gian phản ứng; thời lượng liên lạc; số lần người không phải vào vùng chưa đánh giá	Chỉ huy thống nhất; luân phiên phương tiện; diễn tập có bất thường
Đánh giá thiệt hại	Thông tin đủ để quyết định	Chỉ huy hoặc chuyên gia chấp nhận cho mục đích xác định	Thời gian có sản phẩm; quyết định được hỗ trợ	Mốc và hệ tọa độ; phiên bản xử lý; quy tắc chia sẻ

Nguồn: Khung của các tác giả; cần *điền dữ liệu dự án thực tế.*

HỘP 10.2. CẦN MỘT CHIẾC UAV, MỘT TUYẾN BAY HAY MỘT DỊCH VỤ?

1. Kết quả nào phải được bảo đảm, và không đạt thì hậu quả ra sao?
2. Nhu cầu xuất hiện bao nhiêu lần, có gom được thành tuyến, có chiều về không?
3. Điểm giao nhận đã có người, có hạ tầng và có phương án dự phòng chưa?
4. Khi chuyến bay không thành, người dùng nhận kết quả bằng cách nào?
5. Có cần bay ngoài tầm nhìn không, và ai gánh chi phí bảo đảm?

6. Ai trả tiền khi hết giai đoạn hỗ trợ, và nên mua thiết bị, thuê chuyến hay mua một mức dịch vụ (Chương 13)?

KẾT CHƯƠNG

Trưa hôm ấy, chiếc UAV mang vật tư bay chuyến đầu khi gió vừa ngớt. Tới điểm hạ ở sân trạm y tế, gió giật vượt ngưỡng đã định nên người vận hành hủy hạ cánh ở đó. Theo phương án thống nhất từ sáng, phương tiện chuyển sang sân trường cách đó vài trăm mét, nơi một nhân viên trạm y tế đã đứng chờ. Chị kiểm niêm phong, đọc nhật ký nhiệt độ của hộp bảo quản, ký nhận, rồi trao lại hộp mẫu xét nghiệm cho chiều về. Cùng lúc, đội đi bộ theo tuyến vòng vẫn mang một kiện thuốc dự phòng, phòng khi cả hai điểm hạ đều không dùng được.

Chiếc UAV quan sát mang về ba dấu hiệu nhiệt. Đội mặt đất tới được chỗ đầu tiên và tìm thấy bảy người đang chờ ở sân nhà văn hóa xóm; hai dấu hiệu kia là một chuồng gia súc và một mái tôn còn giữ nắng. Trạm chuyển tiếp giữ được liên lạc cho đội tìm kiếm suốt buổi chiều, vì chiếc chuyển tiếp dự phòng đã được sạc sẵn để thay khi chiếc đầu hết pin.

Không chuyến bay nào trong ngày hôm ấy đặc biệt. Thứ biến ba nhiệm vụ ấy thành dịch vụ là những việc đã được quyết định trước khi cất cánh: sân trường dự phòng và người đứng chờ ở đó, kiện thuốc đi bộ song song, người có quyền xác nhận một dấu hiệu, chiếc chuyển tiếp dự phòng nằm sẵn trên bãi. Một dịch vụ chỉ đáng tin khi có cách hoàn thành cả lúc kế hoạch đầu tiên không chạy.

Ngày hôm ấy, vùng trời trên xóm núi gần như dành riêng cho cứu hộ. Đô thị thì không. Khi UAV đi vào nơi đông người, tiếng ồn, quyền riêng tư, mật độ hoạt động và sự chấp nhận của cộng đồng trở thành những điều kiện quyết định. Đó là nội dung của Chương 11.

CHƯƠNG 11. ĐÔ THỊ, GIAO THÔNG, DU LỊCH VÀ TRUYỀN THÔNG

Buổi chiều cuối tuần, trung tâm điều hành của một đô thị nhận gần như đồng thời nhiều đề nghị sử dụng khoảng không phía trên khu trung tâm. Đơn vị quản lý cầu muốn kiểm tra một vị trí vừa xuất hiện dấu hiệu bất thường. Lực lượng giao thông cần quan sát dòng xe để phân luồng sau một vụ va chạm, đồng thời ghi nhận hiện trường trước khi dấu vết thay đổi. Đài truyền hình xin quay trực tiếp lễ hội. Ban tổ chức chuẩn bị biểu diễn drone vào buổi tối. Một doanh nghiệp khác đề nghị bay thử phương tiện cất, hạ cánh thẳng đứng bằng điện (eVTOL) để giới thiệu khả năng chở khách.

Nhìn riêng, mỗi đề nghị đều có lý. Nhưng khi đặt các đường bay lên cùng một bản đồ, chúng cạnh tranh không chỉ tọa độ mà cả thời gian, liên lạc, giám sát, vùng an toàn và năng lực phản ứng khi bất thường xảy ra. Chị Ngân, người trực điều hành chiều hôm ấy, còn phải tính đến những người không mua dịch vụ nào: cư dân lo tiếng ồn và camera quét vào ban công; người đi đường, khán giả chịu rủi ro nếu phương tiện hoặc vật thể rơi; người xuất hiện trong hình ảnh có thể không biết dữ liệu của mình được lưu và dùng ra sao. Một hoạt động có lợi cho người này có thể chuyển chi phí sang người khác.

Đến lúc ấy, câu hỏi không còn là cấp chỗ cho từng chuyến bay. Đô thị đang quản trị một nguồn lực dùng chung có giới hạn, nơi mỗi hoạt động vừa tạo giá trị, vừa chiếm dụng một phần không gian, thời gian, hạ tầng và "ngân sách chấp nhận" của cộng đồng.

Tình huống giả định do *các tác giả* tổng hợp.

Với các nhiệm vụ y tế, cứu hộ hay vận chuyển khẩn cấp ở Chương 10, hậu quả của chậm trễ khá rõ nên thứ tự ưu tiên dễ thấy. Trong đô thị, nhiều hoạt động hợp lý xuất hiện cùng lúc, nên câu hỏi không chỉ

là "nhiệm vụ này có đáng làm không?" mà là "đô thị nên ưu tiên và tổ chức hoạt động nào?".

Câu hỏi trung tâm của chương này là: **một** *đô thị nên dựa vào tiêu chí nào để chọn, xếp ưu tiên và tổ chức các hoạt động tầm thấp trên một không gian dùng chung, sao cho giá trị công cộng, thương mại và trải nghiệm lớn hơn các rủi ro và tác động* lên *người dân?*

1. Khi nhiều hoạt động cùng đi vào một vùng trời đô thị

Ở vùng thưa người, một chuyến bay thường được nhìn như quan hệ giữa phương tiện, người vận hành và mục tiêu. Trong đô thị, cùng chuyến bay ấy lập tức dính tới công trình, đường giao thông, nhà ở, cơ sở dữ liệu, mạng liên lạc, hoạt động kinh doanh, sự kiện công cộng và quyền lợi của người dưới đất. Chương dùng khái niệm "không gian tầm thấp đô thị" để chỉ phần không gian phía trên đô thị được dùng hoặc có thể dùng cho hoạt động dân sự, công ích, thương mại, văn hóa và vận tải, gắn trực tiếp với con người, công trình, dữ liệu và hạ tầng mặt đất; đây không phải định nghĩa pháp lý.

Cần tách ba loại giá trị. Giá trị công cộng là lợi ích về an toàn, dịch vụ công, môi trường, thời gian phản ứng hay chất lượng quản trị, không nhất thiết tạo doanh thu. Giá trị thương mại gắn với doanh thu, tiết kiệm chi phí hay mức sẵn sàng chi trả. Giá trị văn hóa và trải nghiệm hình thành từ nghệ thuật, ký ức, bản sắc, du lịch và hình ảnh điểm đến. Ba loại giá trị có thể cùng xuất hiện nhưng không thể thay thế cho nhau: một sự kiện gây tiếng vang chưa chắc có giá trị công cộng.

Ngoại ứng là phần chi phí hoặc lợi ích rơi vào người không trực tiếp mua hay cung cấp dịch vụ: tiếng ồn, rủi ro vật rơi, ánh sáng, cảm giác bị theo dõi, áp lực lên hạ tầng; chiều ngược lại là phát hiện sớm hư hỏng hay phản ứng nhanh hơn trước sự cố. Người trả tiền, người hưởng lợi và người chịu tác động thường không trùng nhau. Vì vậy, khả năng kỹ thuật không tự tạo quyền ưu tiên.

Chương này đặt tám nhóm ứng dụng trên ba trục (Hình 11.1). Thứ nhất, giá trị cho biết vì sao nên làm. Thứ hai, mức trưởng thành cho biết hoạt động đang ở ý tưởng, thử nghiệm, trình diễn, dịch vụ có giới hạn hay vận hành lặp lại. Thứ ba, tác động và khả năng kiểm soát cho biết đô thị có thể giới hạn, giám sát, dừng, xử lý sự cố, bảo vệ dữ liệu và truy trách nhiệm hay không.

Vì vậy, năng lực quản lý đô thị không thể đánh giá chỉ qua số lượng UAV đang hoạt động. Một đô thị làm tốt là đô thị biết, trong phạm vi mình được giao điều phối, hoạt động nào cần được ưu tiên sử dụng nguồn lực chung, đầu ra nào đi vào quyết định hoặc thị trường, và tác động nào phải giảm trước khi tăng quy mô.



Hình 11.1. Tám nhóm hoạt động tầm thấp đô thị trên ba trục giá trị, mức trưởng thành và tác động

Bản đồ định tính chỉ có tính chất minh họa, không phải kết quả đo hay xếp hạng pháp lý. Nguồn: các tác giả tổng hợp và đề xuất.

HỘP 11.1. KHÔNG GIAN PHÍA TRÊN ĐÔ THỊ KHÔNG PHẢI TÀI NGUYÊN VÔ HẠN

Khi nhiều hoạt động cùng xuất hiện, một nhiệm vụ có thể thu hẹp lựa chọn của nhiệm vụ khác hoặc chuyển tiếng ồn, rủi ro và cảm giác bị giám sát sang cộng đồng bên dưới. Vì vậy, quyền ưu tiên không thể chỉ dựa vào thứ tự đăng ký, doanh thu hay độ mới của công nghệ, mà phải gắn với nhu cầu, mức khẩn cấp, hậu quả nếu trì hoãn, khả năng thay thế, mức trưởng thành, tác động và năng lực dừng an toàn. Việc dùng chung không gian chỉ có thể mở rộng khi trách nhiệm và khả năng kiểm soát cũng mở rộng theo.

2. Giám sát hạ tầng đô thị: từ tuần tra trên không đến quản lý vòng đời công trình

Một bức ảnh về cây cầu chỉ có giá trị quản trị nếu nó thay đổi việc kiểm tra, bảo trì hoặc hồ sơ vòng đời công trình. Cầu, hầm, mái công trình, cây xanh và hạ tầng kỹ thuật có thể cần quan sát định kỳ hoặc sau sự cố; UAV bổ sung góc nhìn linh hoạt ở những vị trí khó tiếp cận. Nhưng chương này không lặp kỹ thuật kiểm tra của Chương 9. Vấn đề ở đây là kết quả kiểm tra đi vào hệ thống quản trị đô thị như thế nào.

Chuỗi cần ngắn và rõ: từ nhu cầu kiểm tra tới dữ liệu có định vị, qua kiểm soát chất lượng thành dấu hiệu, được kỹ sư xác nhận, rồi thành lệnh kiểm tra hoặc bảo trì và được ghi vào hồ sơ công trình. Ảnh, mô hình ba chiều, dấu hiệu và kết luận kỹ thuật là những nấc có độ tin cậy khác nhau. Hệ thống thông tin địa lý (GIS), mô hình thông tin đô thị hay bản sao số chỉ có ý nghĩa khi giúp gắn kết quả với đúng tài sản, đúng phiên bản và đúng người có trách nhiệm.

Mức trưởng thành không đo bằng số chuyến bay hay số gigabyte dữ liệu, mà bằng tính lặp lại: có danh mục tài sản, lịch kiểm tra, chuẩn đầu ra, người xác nhận, quyền cập nhật và khả năng truy xuất. Giá trị không nằm ở số ảnh chụp, mà ở quyết định bảo trì tốt hơn và sớm hơn.

3. Theo dõi giao thông, lập hiện trường và hỗ trợ xử lý sự cố

Sau một vụ va chạm, giá trị của góc nhìn trên cao không chỉ nằm ở việc thấy dòng xe. Giao thông đô thị có ít nhất ba bài toán. Thứ nhất là theo dõi thường xuyên để nhận biết mật độ, điểm nghẽn và biến động trên một hành lang. Thứ hai là hỗ trợ xử lý sự cố đang diễn ra: đánh giá

nhanh phạm vi ảnh hưởng, điều động lực lượng, phân luồng và tổ chức hiện trường. Thứ ba là lập hồ sơ hiện trường trước khi dấu vết thay đổi, để đo đạc và phân tích chuyên môn về sau. Ba bài toán dùng một số công nghệ giống nhau nhưng khác mục đích, đầu ra và trách nhiệm.

"Quay được hiện trường" khác với tạo được hồ sơ hiện trường có thể sử dụng. Để sử dụng được, kết quả cần có thông tin về vị trí, thời gian, quan hệ không gian, ảnh hoặc mô hình, dữ liệu mô tả và khả năng truy xuất nguồn gốc. UAV có thể hỗ trợ ghi nhận, đo đạc và tái hiện không gian khi phương pháp phù hợp và dữ liệu đủ chất lượng; dữ liệu ấy có thành chứng cứ hay không còn tùy quy trình chuyên môn và quy định pháp luật. Mô hình ba chiều giúp dựng lại hiện trường, không tự xác định nguyên nhân hay trách nhiệm.

Vì thế, kết quả bay phải dẫn tới việc làm cụ thể dưới mặt đất: từ lúc sự cố xảy ra, qua việc ghi nhận và dựng lại hiện trường, tới một quyết định điều hành hay xử lý của người có thẩm quyền, rồi tới hành động của lực lượng tại chỗ. Giá trị không nằm ở việc UAV bay nhanh, mà ở việc rút ngắn khoảng cách từ khi sự cố xảy ra đến khi đúng người có đủ thông tin để hành động.

Dữ liệu giao thông có thể chứa khuôn mặt, biển số, hành vi, tài sản, vị trí và thời gian. Dữ liệu điều hành tức thời cũng khác hồ sơ hiện trường cần lưu lâu cho điều tra hay xử lý về sau. Vì vậy phải hỏi dữ liệu nào cần, ai được xem, dùng cho mục đích nào, có tái sử dụng hay không và truy xuất ra sao. AI có thể hỗ trợ quan sát và phân tích; quyết định phân luồng, xử lý vi phạm hay can thiệp hiện trường vẫn thuộc người và tổ chức có thẩm quyền.

Chỉ số đáng theo dõi không phải số giờ bay hay số phút video, mà là thời gian phát hiện, thời gian có hồ sơ đủ dùng, thời gian tới quyết định, số lần phải thu lại, chất lượng hồ sơ và tác động tới người dân. Thêm một camera trên không không tự tạo thêm năng lực điều hành nếu dữ liệu không đến đúng người, đúng lúc và đúng thẩm quyền.

4. Phát hiện vi phạm xây dựng: từ dấu hiệu trên ảnh đến quyết định hành chính

Nhìn thấy một thay đổi chưa có nghĩa là có quyền xử lý nó. Ảnh theo thời gian, trắc ảnh hay thuật toán nhận dạng có thể giúp sàng lọc khu vực có biến động để ưu tiên kiểm tra. Nhưng chuỗi hợp lý phải đi từ dữ liệu tới dấu hiệu nghi vấn, qua kiểm tra sai số và xác minh tại hiện trường, tới hồ sơ và quyết định của người có thẩm quyền. Người bị xem xét luôn giữ quyền phản hồi hoặc khiếu nại.

Dữ liệu cần gắn với hệ tọa độ, thời gian, phiên bản và lịch sử xử lý để truy xuất được; người dùng cũng phải biết sai số và giới hạn của mô hình. Công nghệ giúp cơ quan quản lý tìm đúng nơi cần kiểm tra trước; nó hỗ trợ quản lý, không thay thế thẩm quyền, thủ tục và quyền phản hồi của người bị xem xét.

HỘP 11.2. BAY TRONG KHÔNG GIAN CÔNG CỘNG KHÔNG ĐỒNG NGHĨA TỰ DO THU THẬP MỌI DỮ LIỆU

Được phép bay không có nghĩa là mọi dữ liệu thu được đều được tự do xử lý, lưu, chia sẻ hoặc tái sử dụng. Cần tách các quyền bay, ghi hình, xử lý, lưu trữ, chia sẻ, chuyển mục đích và tư cách sử dụng dữ liệu trong một quy trình chuyên môn. Việc dùng camera ghi nhận hiện trường giao thông không mặc nhiên cho phép lưu mọi khuôn mặt, biển số hay hành vi cho mục đích khác. Thiết kế dữ liệu nên bắt đầu từ mục đích, phạm vi tối thiểu, người được truy cập, thời gian cần giữ, khả năng truy xuất và kênh phản hồi khi có sai sót.

5. Quan trắc môi trường đô thị: quan sát đô thị nhưng không tạo thêm gánh nặng môi trường

Quan trắc môi trường đô thị chỉ có ý nghĩa khi lấp được một khoảng trống cụ thể của hệ thống hiện có. UAV có thể bổ sung quan sát linh hoạt về chất lượng không khí, nước mặt, ngập, đảo nhiệt, cây xanh hoặc biến động bề mặt, nhưng không mặc nhiên thay thế trạm mặt đất, vệ tinh, lấy mẫu và phòng thí nghiệm. Dữ liệu từ UAV phải được đối chiếu với các nguồn đo khác và bối cảnh đô thị để biết nó đủ dùng cho cảnh báo, xác minh hay quyết định nào.

Cũng cần nhìn vào tác động của chính phương thức quan trắc. Chuyến bay lặp lại gây tiếng ồn, tiêu thụ năng lượng, sử dụng pin và có thể ảnh hưởng cộng đồng hoặc sinh vật nhạy cảm. Một hệ thống quan trắc không bền vững nếu chính việc quan trắc tạo ra tác động không được đo và kiểm soát.

6. Quay phim, chụp ảnh và truyền thông: thị trường phát triển sớm nhưng ranh giới riêng tư dễ bị vượt qua

Một khung hình đẹp có thể chứa dữ liệu mà người quay không hề muốn thu. Quay phim, chụp ảnh và truyền thông có đầu ra thương mại khá rõ: nội dung phát sóng, quảng cáo, báo chí, thể thao, mô hình ba chiều hay quảng bá điểm đến. Chính vì đầu ra dễ bán, ranh giới quản trị lại càng cần rõ.

Đoạn phim phát sóng có thể chỉ vài giây, trong khi dữ liệu thô ghi lại nhiều người, cửa sổ, ban công hay biển số không liên quan. Người trả tiền cho nội dung không đại diện cho tất cả người xuất hiện trong dữ liệu. Khả năng ghi hình là năng lực kỹ thuật; quyền sử dụng hình ảnh là một quan hệ pháp lý và xã hội khác. Vì vậy, các nguyên tắc dữ liệu ở Hộp 11.2 phải áp dụng ngay từ khi lên kế hoạch quay.

7. Du lịch trải nghiệm: bán góc nhìn từ trên cao nhưng không được đánh đổi an toàn

Du lịch trải nghiệm biến góc nhìn, không gian và cảm giác di chuyển thành sản phẩm. Nhưng trực thăng ngắm cảnh, khinh khí cầu, dù lượn, thể thao hàng không, tour học tập, dịch vụ UAV tại điểm đến và eVTOL thử nghiệm không nên gộp thành một "du lịch bay". Mỗi loại có phương tiện, người vận hành, phụ thuộc thời tiết, cơ sở vật chất và chuỗi cứu nạn khác nhau.

Một trải nghiệm hấp dẫn chưa phải dịch vụ có trách nhiệm. Chuỗi sản phẩm còn gồm thông tin cho khách, năng lực người vận hành, điều kiện thời tiết, bảo hiểm, ứng phó sự cố, cứu nạn, điểm cất hạ cánh và phản hồi của cộng đồng. Khách trả tiền cho trải nghiệm; cư dân lại chịu

tiếng ồn, rủi ro hoặc thay đổi cảnh quan. Vì thế, khách sẵn sàng trả tiền chưa chứng tỏ xã hội đã chấp nhận.

8. Biểu diễn drone: sản phẩm văn hóa có rủi ro tập trung trên đám đông

Biểu diễn drone tạo ra một sản phẩm văn hóa bằng nhiều phương tiện bay đồng bộ theo đội hình. Rủi ro vì thế không còn nằm ở một phương tiện riêng lẻ mà tập trung đồng thời ở cụm UAV và đám đông bên dưới. Một màn diễn thành công trong khu vực có kiểm soát chưa chứng minh hệ thống sẽ an toàn ở một sự kiện thương mại đông người. Tối 26/1/2025, khi tổng duyệt chương trình đón giao thừa ở Mỹ Đình, Hà Nội, một số UAV gắn pháo hoa rơi xuống bãi đất trống, và phần trình diễn UAV bị bỏ khỏi đêm giao thừa (Chương 20).[86]

Ở cấp quản trị, cần phân định vùng bay, vùng khán giả, vùng đệm và vùng dự phòng; có điều kiện dừng hoặc hủy, phương án ứng phó, đánh giá thời tiết và đường truyền, cùng chủ thể chịu trách nhiệm rõ. Trọng tâm là quyền dừng: áp lực bán vé, truyền thông hay giờ khai mạc không được làm suy yếu quyết định an toàn.

Khi phương tiện không còn chỉ bay phía trên mà bắt đầu chở con người, ngưỡng trách nhiệm thay đổi thêm một lần nữa.

9. Vận tải hành khách bằng phương tiện bay mới: khả năng đang hình thành, không phải tương lai đã được bảo đảm

Một phương tiện được chứng nhận chưa phải một mạng vận tải đô thị (xem trường hợp EH216-S ở Chương 23). eVTOL chỉ là phương tiện; giao thông hàng không đô thị hay taxi bay là dịch vụ và hệ thống rộng hơn. Từ bay thử tới dịch vụ thường xuyên còn nhiều nấc: chứng nhận phương tiện và quyền khai thác; cảng cất hạ cánh (vertiport), năng lượng và điều phối; bảo dưỡng, dự phòng và cứu nạn; cùng với tiếng ồn và sự chấp nhận của người dân.

Cũng phải tách các trạng thái. Bay thử cho biết phương tiện có bay được một hành trình trong điều kiện cụ thể không. Trình diễn cho thấy năng lực trong phạm vi công bố. Dịch vụ có giới hạn cần khách hàng, quy trình và trách nhiệm rõ hơn. Khai thác thường xuyên đòi hỏi độ tin cậy, bảo dưỡng, dự phòng và năng lực xử lý gián đoạn theo thời gian. Không nên nhảy từ một chuyến trình diễn sang kết luận rằng thị trường đã hình thành.

Giá trị phải được đo từ đầu đến cuối. Tốc độ trên không chỉ là một phần; hành khách còn phải tiếp cận điểm cất cánh, chờ, làm thủ tục, đi từ điểm hạ cánh tới đích cuối và có phương án khi chuyến bay bị hủy. Giá vé quyết định phạm vi tiếp cận, còn người sống dưới hành lang có thể chịu tiếng ồn và rủi ro dù không sử dụng dịch vụ. Phương tiện điện không phát thải tại điểm sử dụng vẫn có phát thải vòng đời.

Vì vậy, eVTOL nên được nhìn nhận đúng: một khả năng đang hình thành và còn phụ thuộc nhiều điều kiện, không phải tương lai thương mại đã được bảo đảm. Hệ thống vận tải chỉ tồn tại khi toàn bộ hành trình đầu cuối vận hành được.

10. Đô thị nên ưu tiên hoạt động nào?

Tám nhóm ứng dụng không có một thứ tự cố định cho mọi đô thị và mọi thời điểm. Cùng nhãn "giao thông", quan sát lưu lượng định kỳ có thể dời lịch, còn ghi nhận và hỗ trợ xử lý một sự cố đang diễn ra có thể cần ưu tiên hơn. Điều cần so sánh là nhiệm vụ trong bối cảnh cụ thể, không phải tên ứng dụng.

Khung lựa chọn nên bắt đầu từ nhu cầu: vấn đề nào cần giải quyết, ai trực tiếp dùng kết quả, hậu quả nếu trì hoãn là gì, phương pháp nền đáp ứng tới đâu và phương tiện bay tạo thêm năng lực nào. Sau đó mới đặt đề xuất lên ba trục: giá trị tạo ra và cho bao nhiêu người; mức trưởng thành về công nghệ, vận hành và quản trị; tác động về an toàn, dữ liệu, riêng tư, tiếng ồn, môi trường, cùng khả năng thử nghiệm hẹp, dừng và quy trách nhiệm. Khả năng chi trả và công bằng cũng phải được hỏi.

Từ đó hình thành bốn trạng thái sơ bộ: đủ điều kiện xem xét triển khai; thử nghiệm có giới hạn; tiếp tục nghiên cứu hoặc trì hoãn; hạn chế trong điều kiện hiện tại. Đây không phải kết luận pháp lý. Mỗi trạng thái phải đi kèm điều kiện, chỉ số theo dõi và điểm dừng. Hoạt động thương mại doanh thu cao không mặc nhiên được ưu tiên; hoạt động công ích cũng không được miễn kiểm soát tác động lên người xung quanh.

Ba trục giá trị – mức trưởng thành – tác động giúp so sánh các đề xuất rất khác nhau trên cùng một thước đo, nhưng chúng là một khung lựa chọn có điều kiện, không phải thuật toán chấm điểm.

HỘP 11.3. ĐÔ THỊ ĐANG MUA THIẾT BỊ, DỊCH VỤ HAY KẾT QUẢ CÔNG CỘNG?

Bài toán cụ thể là gì, ai dùng kết quả? Giá trị nào đo được? Người không mua dịch vụ chịu tác động gì về an toàn, dữ liệu, riêng tư, tiếng ồn hay công bằng? Dữ liệu thu vì mục đích gì, vào hệ thống nào, ai truy cập, khi nào xóa? Ứng dụng đang ở mức trưởng thành nào? Ai có quyền dừng? Trả lời xong, đô thị mới chọn mua thiết bị, thuê dịch vụ hay đặt hàng kết quả.

KẾT CHƯƠNG

Quay lại buổi chiều ở trung tâm điều hành. Chị Ngân không xếp năm đề nghị theo mức độ mới của công nghệ, mà theo hậu quả nếu trì hoãn và theo khả năng kiểm soát. Trung tâm không cấp phép bay; mỗi chuyến vẫn phải có phép của cơ quan quân sự có thẩm quyền (Chương 19). Việc trung tâm làm được là sắp thứ tự, tách không gian và thời gian cho những hoạt động trong phạm vi đô thị điều phối. Kiểm tra cầu đi trước, vì một dấu hiệu bất thường trên kết cấu đang chịu tải không chờ được; trong khung giờ ấy, các hoạt động khác tránh khu vực quanh cầu. Quan sát phân luồng và ghi nhận hiện trường vụ va chạm làm song song ở khu vực khác, vì dòng xe cần được phân luồng ngay và dấu vết sẽ mất khi hiện trường được giải tỏa; chỉ hồ sơ hiện trường được lưu, hình ảnh người đi đường được làm mờ. Quay truyền hình lễ hội được xếp vào

khung giờ sau, trong một hành lang cố định, với camera không quét vào các dãy nhà ở. Biểu diễn buổi tối giữ lịch, với điều kiện vùng khán giả đúng phương án đã duyệt và quyền hủy thuộc người phụ trách an toàn chứ không thuộc ban tổ chức. Chuyến bay thử chở khách được xếp vào diện thử nghiệm có giới hạn: đề nghị dời sang một buổi ngày thường, trên hành lang ven sông, không có khán giả và không có người trên phương tiện. Không đề nghị nào bị gạt đi vì thiếu giá trị; chỉ một đề nghị phải dời sang ngày khác, vì một khả năng còn đang hình thành không nên được thử lần đầu phía trên đám đông lễ hội.

Câu trả lời của chương này là một tổ hợp tiêu chí, không phải một thứ hạng cố định: giá trị, mức khẩn cấp, mức trưởng thành, ngoại ứng, khả năng kiểm soát, trách nhiệm và khả năng thử nghiệm hoặc dừng. Đô thị không chọn "một công nghệ", mà chọn cách gắn nhu cầu, đầu ra, người sử dụng và người chịu tác động với một cơ chế trách nhiệm. Vì vậy, quyết định tốt phải bắt đầu từ bài toán và phương pháp nền, rồi mới hỏi công nghệ bay bổ sung năng lực gì và phần chi phí nào bị chuyển sang cộng đồng. Cách nhìn đó cũng sửa một ngộ nhận phổ biến: nhiều chuyến bay hơn chưa chắc là một nền kinh tế tầm thấp phát triển hơn. Một thử nghiệm tạo dữ liệu tốt nhưng không có người dùng đầu ra vẫn chỉ là thử nghiệm; một dịch vụ bán được nhưng gây tác động mà đô thị không thể giới hạn chưa phải nền tảng để mở rộng. Khả năng dừng vì thế quan trọng không kém khả năng triển khai.

Đó cũng là điểm khép lại Phần III. Công nghệ chỉ tạo giá trị khi đi vào một quy trình thật, và mỗi ngành có người dùng, phương pháp nền, rủi ro và ngưỡng tin cậy riêng. Phần III vì thế đi từ khả năng công nghệ tới một nguyên tắc chặt hơn: đầu ra phải đủ hữu ích để làm thay đổi một quyết định, một hành động nghiệp vụ, một dịch vụ hoặc một trải nghiệm mà có người thực sự cần.

Sau khi bài toán đáng làm đã rõ, câu hỏi tiếp theo chuyển sang phía doanh nghiệp: nên đứng ở mắt xích nào của chuỗi giá trị? Doanh nghiệp có thể chế tạo phương tiện, tích hợp tải trọng, cung cấp phần

mềm, vận hành, xử lý dữ liệu hay cung cấp dịch vụ chuyên ngành; nhưng vị trí chỉ có ý nghĩa khi nối được với một nhu cầu và một đầu ra có người trả tiền. Đó là điểm bắt đầu của Chương 12.

PHẦN IV
DOANH NGHIỆP THAM GIA THỊ TRƯỜNG THẾ NÀO

CHƯƠNG 12. ĐỊNH VỊ DOANH NGHIỆP TRONG CHUỖI GIÁ TRỊ

Đầu năm 2015, 3D Robotics (3DR) ở Berkeley, California, là nhà sản xuất UAV tiêu dùng lớn nhất nước Mỹ. Báo chí gọi họ là "DJI của nước Mỹ". Công ty có 350 nhân viên, bốn văn phòng, gần 100 triệu USD vốn đầu tư mạo hiểm và mức định giá trên 360 triệu USD.[120] Sản phẩm chủ lực là Solo, một chiếc UAV bốn cánh quạt dựng trên nền tảng mã nguồn mở, với khẩu hiệu "siêu năng lực được bán với giá 1.000 USD". Mục tiêu doanh số năm đầu là khoảng 100.000 chiếc.[120]

Phép tính của ván cược ấy rất đơn giản. Một trăm nghìn chiếc nhân 1.000 USD là khoảng 100 triệu USD doanh thu, xấp xỉ toàn bộ số vốn công ty đã gọi được. Để có doanh thu đó, 3DR phải đặt hàng sản xuất và dự trữ sản phẩm trước khi biết thị trường có mua hay không. Rồi những điều không nằm trong kế hoạch lần lượt xảy ra. Bộ ổn định camera (gimbal) được đưa ra thị trường muộn hơn chiếc UAV hai tháng. Người mua phàn nàn chuyện mất tín hiệu định vị.[120] Trong khi đó, DJI liên tục hạ giá và giới thiệu mẫu mới. Tháng 3/2016, Solo phải giảm từ 1.000 xuống 799 USD, gimbal từ 400 xuống 199 USD, trong khi chiếc Phantom 4 của DJI bán trọn bộ 1.399 USD. Cũng tháng ấy, 3DR đóng cơ sở San Diego và giảm nhân sự từ 350 người xuống dưới 80.[138]

Câu chuyện chưa dừng ở một thất bại. Cũng trong tháng 3/2016, 3DR ra mắt Site Scan, một nền tảng thu thập và xử lý dữ liệu khảo sát bằng UAV cho ngành xây dựng, bán theo thuê bao hằng tháng. Mười

bảy tháng sau, Site Scan chạy được trên chính UAV của DJI. Giám đốc điều hành Chris Anderson thừa nhận: "Chúng tôi bị đánh bại một cách sòng phẳng."[120] Công ty từng muốn làm chủ cả chiếc máy ấy rốt cuộc phải rời mảng chế tạo phương tiện để tiếp tục tồn tại.

Nghịch lý ấy là điểm xuất phát của Phần IV: Phần III đã hỏi bài toán nào đáng làm, Phần IV hỏi ai làm nó và giữ được phần giá trị nào. 3DR không thiếu công nghệ: Solo có những năng lực kỹ thuật đáng chú ý, và công ty đứng sau một trong những cộng đồng phần mềm bay mã nguồn mở lớn nhất. Thứ họ thiếu là một vị trí đủ vững để duy trì lợi thế trong thị trường mà họ lựa chọn.

Chương này đặt ra câu hỏi: một doanh nghiệp nên tham gia vào khâu nào trong chuỗi giá trị để biến năng lực mình đang có thành sản phẩm hoặc dịch vụ mà khách hàng sẵn sàng trả tiền để sử dụng, khó bị đối thủ thay thế và vẫn có dư địa phát triển?

Nội dung của chương sẽ đi qua ba con đường bằng những trường hợp thực tế (làm cả chiếc máy, làm một cấu phần hẹp, nắm dòng công việc của khách hàng), sau đó sẽ tách "đứng ở đâu" khỏi "đi cùng ai" và bàn về thời điểm, điều kiện rút khỏi một vị trí thị trường. Cuối chương, các trường hợp ấy được đặt cạnh một doanh nghiệp công nghệ trong nước vừa bay thử nguyên mẫu UAV đầu tiên do đội ngũ của mình thiết kế; các chương sau sẽ tiếp tục theo dõi doanh nghiệp này.

1. Vị trí thượng nguồn hay hạ nguồn chưa cho biết ai giữ được giá trị

Người ta hay hình dung chuỗi giá trị như một chiếc thang: linh kiện ở dưới, phương tiện ở giữa, dịch vụ ở trên, rồi đặt câu hỏi nên tiến gần khách hàng hay tập trung vào năng lực công nghệ nền. Các nghiên cứu về chuỗi giá trị toàn cầu đo vị trí của một khâu bằng khoảng cách của nó tới nhu cầu cuối cùng, và khoảng cách ấy là tương đối.[14, 128] Cùng một phần mềm điều khiển bay có thể nằm ở khâu đầu vào của

phương tiện khi bán cho nhà sản xuất, nhưng đứng sát khách hàng khi được bán thẳng cho một đội khảo sát. Nhãn chỉ cho biết một khâu đứng xa hay gần người dùng cuối, không cho biết nó giữ được bao nhiêu giá trị.

Điều cần xem xét tiếp là điểm kiểm soát giá trị: mắt xích mà thiếu nó thì đầu ra không được tạo ra, xác nhận hay đưa tới khách hàng như yêu cầu. Ba câu hỏi ở mục 4 Chương 2 chỉ ra ba dấu hiệu của một mắt xích như vậy: khó thay thế, nắm một giao diện mà người khác buộc phải đi qua và có nhu cầu sử dụng lặp lại. Điểm kiểm soát không đồng nghĩa với độc quyền. Khái niệm này chỉ giúp trả lời: ở mắt xích đó, doanh nghiệp thật sự có quyền quyết định, hay chỉ là một khâu trung gian dễ bị thay thế.

Hai khái niệm nữa giúp doanh nghiệp xác định vị trí của mình. *Vị trí lõi* là nơi doanh nghiệp có năng lực khác biệt, kiểm soát một đầu ra quan trọng và tích lũy được tri thức sau mỗi hợp đồng. *Vị trí liền kề* là lĩnh vực doanh nghiệp có thể mở rộng nhờ tận dụng công nghệ, dữ liệu, khách hàng hoặc đội ngũ hiện có. Hai vị trí khác nhau thực chất ở chỗ phải xây thêm năng lực gì và gánh thêm trách nhiệm gì, chứ không ở chỗ chúng nằm cạnh nhau trên sơ đồ. Bảng 12.1 đặt bảy vị trí thường gặp cạnh nhau; cột "trách nhiệm" cho biết nhà cung cấp dừng cam kết với khách hàng ở đâu (Chương 2), vì chọn vị trí cũng là chọn điểm dừng ấy.

BẢNG 12.1. Bảy vị trí, bảy loại điểm kiểm soát

Vị trí	Đầu ra kiểm soát	Điểm kiểm soát giá trị	Trách nhiệm tới đâu	Lệ thuộc chính
1. Sản xuất phương tiện	Phương tiện với cấu hình xác định	Kiến trúc hệ thống; giao diện giữa các cấu phần	Chiếc máy và cấu hình suốt vòng đời	Vốn dài hạn; chuỗi cung ứng; chứng nhận

2. Linh kiện, công nghệ nền	Cấu phần có chất lượng và giao diện xác định	Thiết kế; phần mềm nhúng; chất lượng ổn định qua từng lô	Cấu phần và độ tương thích	Nhà sản xuất phương tiện; chuẩn giao diện
3. Tích hợp cảm biến, tải trọng	Cấu hình nhiệm vụ đã kiểm thử	Hiểu nhiệm vụ; chất lượng cấu hình	Cấu hình cho ra dữ liệu đạt yêu cầu	Nền tảng bay; nhà sản xuất cảm biến
4. Phần mềm và dữ liệu	Dòng công việc; sản phẩm dữ liệu	Chỗ đứng trong quy trình của khách hàng; quyền dùng dữ liệu	Sản phẩm dữ liệu và sự liên tục của dịch vụ	Quyền dữ liệu; nền tảng phần cứng
5. Vận hành	Nhiệm vụ hoàn thành theo mức dịch vụ	Độ tin cậy; khả năng xử lý bất thường	Nhiệm vụ và dữ liệu thô	Phương tiện; nhân lực; phép bay
6. Dịch vụ chuyên ngành	Kết quả khách hàng dùng trong quy trình của họ	Hiểu bài toán; chuẩn đầu ra; quan hệ khách hàng	Sản phẩm dữ liệu đã rà soát, hoặc kết luận chuyên môn theo hợp đồng	Nhà vận hành; vài khách hàng lớn
7. Bảo đảm vòng đời	Người được đào tạo; thiết bị được bảo trì; rủi ro được phân bổ	Sổ dữ liệu vòng đời; chuyên môn đánh giá	Năng lực con người và tình trạng kỹ thuật	Quy mô đội bay; khuôn khổ pháp lý

Nguồn: tổng hợp của các tác giả; so sánh định tính, không xếp hạng

2. Tự chế tạo toàn bộ phương tiện là vị trí tốn nguồn lực nhất

Vị trí số 1 hấp dẫn vì sản phẩm hữu hình và dễ trình diễn. Nhưng điểm kiểm soát của nhà sản xuất phương tiện gốc (OEM) không nằm ở thân máy. Nó nằm ở việc trả lời được vì sao hệ thống được cấu hình như vậy, và chịu trách nhiệm khi việc thay đổi pin, tải trọng hay phần mềm ảnh hưởng tới toàn bộ cấu hình. Muốn giữ điểm kiểm soát ấy,

doanh nghiệp cần chuỗi cung ứng, kiểm thử, hậu mãi, và trước hết là nguồn vốn đủ duy trì hoạt động trong giai đoạn chưa tạo ra doanh thu.

Ở phân khúc chở người, thời gian ấy dài tới mức khoản vốn hàng tỷ USD cũng chưa chắc đủ. Lilium, hãng eVTOL của Đức, đã huy động hơn 1 tỷ USD và công bố thỏa thuận, đơn đặt hàng cho tối đa 120 phương tiện. Tháng 10/2024, hai công ty con của Lilium tại Đức nộp đơn mất khả năng thanh toán sau khi không có được khoản 50 triệu EUR từ chính phủ Đức, chỉ khoảng một phần hai mươi số vốn đã huy động. Tháng 2/2025, khi nhóm nhà đầu tư cứu trợ không hoàn tất thương vụ, Lilium đóng hoạt động; mẫu phương tiện dự kiến chở khách vào cuối năm 2026 đã không thể đi vào khai thác.[102, 126] Volocopter, một tên tuổi khác của Đức, nộp đơn mất khả năng thanh toán ngày 26/12/2024. Tháng 3/2025, tài sản của hãng về tay tập đoàn Vạn Phong (Wanfeng) của Trung Quốc qua công ty con Diamond Aircraft.[101]

Vậy có chỗ nào cho một OEM nhỏ? Có, khi một phân khúc thị trường có yêu cầu riêng ngoài yếu tố giá. Real-time Robotics (RtR), thành lập tại Thành phố Hồ Chí Minh năm 2017, theo thông tin doanh nghiệp cung cấp cho báo chí, là đơn vị đầu tiên được cấp phép sản xuất UAV tại Khu Công nghệ cao thành phố. Tháng 8/2022, RtR xuất ba chiếc HERA, một UAV gấp gọn mang trong ba lô, theo hợp đồng với Đại học Michigan, rồi có đơn từ nhà phân phối và một số cơ quan thực thi pháp luật ở Mỹ. Giá mỗi chiếc 25.000–30.000 USD, cao hơn mặt bằng thị trường 20–30%.[92] Một UAV Việt bán đắt hơn mà vẫn có người mua, trong bối cảnh một số khách hàng Mỹ ưu tiên những thiết bị đáp ứng yêu cầu mua sắm liên quan tới Đạo luật Ủy quyền quốc phòng (NDAA); khả năng đáp ứng này cũng do doanh nghiệp tự công bố. RtR giữ được vị trí OEM không phải nhờ chi phí thấp, mà một phần nhờ một phân khúc chịu tác động của chính sách mua sắm; ngách ấy rộng hay hẹp phụ thuộc vào chính sách của nước khác. Ở Việt Nam, vị trí chế tạo và bảo dưỡng còn có ngưỡng gia nhập do pháp luật đặt (Hộp 12.1).

HỘP 12.1. NGƯỠNG GIA NHẬP VỊ TRÍ CHẾ TẠO VÀ BẢO DƯỠNG

Theo Nghị định 288/2025/NĐ-CP ngày 5/11/2025, cơ sở nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm, sản xuất, sửa chữa, bảo dưỡng phương tiện bay và trang bị của nó phải có Giấy chứng nhận đủ điều kiện (Điều 10, khoản 1): ít nhất 03 nhân sự được đào tạo chuyên ngành kỹ thuật hàng không, người phụ trách chuyên môn có trình độ cao đẳng trở lên; hồ sơ về hạ tầng kỹ thuật, quy trình, nhà xưởng, vật liệu; danh mục phương tiện phù hợp tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật do Bộ Quốc phòng ban hành hoặc tiêu chuẩn cơ sở được Bộ Quốc phòng công nhận (Chương 19). Điều kiện này gắn với vị trí 1, vị trí 2 khi cấu phần là động cơ, cánh quạt hay trang bị của phương tiện bay, và phần bảo dưỡng của vị trí 7. Ngưỡng nhân sự không cao; phần tốn kém kéo dài là hồ sơ và chuẩn kỹ thuật phải duy trì theo từng dòng sản phẩm. Giấy chứng nhận này không thay giấy phép bay cho từng nhiệm vụ.

3. Một cấu phần hẹp có thể đi xa hơn cả chiếc máy

Cũng ở Thành phố Hồ Chí Minh, một doanh nghiệp khác chọn con đường ngược lại. Gremsy, thành lập năm 2011, không lấy việc chế tạo UAV hoàn chỉnh làm sản phẩm chủ lực. Họ làm bộ ổn định camera, giúp camera giữ hướng quan sát khi UAV rung hoặc thay đổi tư thế, rồi mở rộng sang tải trọng và mô-đun camera. Đọc theo khung tám bước, trường hợp này cho thấy một vị trí hẹp có thể đi xa tới đâu.

Bài toán ban đầu. Nhiều nhiệm vụ chụp ảnh, đo đạc hay kiểm tra bằng UAV cần camera được ổn định. Mỗi nhà sản xuất phương tiện phải tự giải bài toán này, hoặc mua giải pháp từ đơn vị khác.

Cách làm cũ. Hãng lớn làm gimbal gắn chặt với máy của mình, nên khó mang một camera khác lên; hãng nhỏ phải ghép những bộ phận không được thiết kế để kết hợp với nhau.

Giải pháp mới. Gremsy làm gimbal có thể tích hợp với nhiều nền tảng UAV. Ngay từ năm 2020, các dòng sản phẩm của họ đã tương thích bộ điều khiển bay Pixhawk mã nguồn mở, lấy nguồn trực tiếp từ pin UAV, và kết nối với camera của nhiều hãng: camera nhiệt FLIR, máy ảnh Sony, Canon, Nikon, Panasonic, RED.[146]

Chi phí và nguồn lực. Gremsy phát triển năng lực kỹ thuật chuyên sâu ở một cấu phần, không cần dây chuyền lắp cả chiếc máy. Khi mở rộng hoạt động, doanh nghiệp tiếp tục đầu tư sản xuất (Chương 22).

Kết quả. Theo bài báo tháng 11/2025 dẫn thông tin từ Gremsy, sản phẩm được giới thiệu đã có mặt tại hơn 83 quốc gia và thị trường Bắc Mỹ chiếm hơn một nửa doanh thu (số liệu doanh nghiệp tự công bố, chưa được đối chiếu độc lập).[100]

Điều kiện thành công. Khả năng kết nối theo các giao diện tương thích với nhiều nền tảng; độ chính xác đủ để người dùng chuyên nghiệp chịu trả tiền; và khả năng tiếp cận khách hàng cần nhà cung cấp thay thế.

Giới hạn. Nhà cung cấp cấu phần phụ thuộc một phần vào lựa chọn của nhà tích hợp phương tiện. Nếu các hãng sản xuất phương tiện lớn hạn chế khả năng kết nối của thiết bị bên ngoài, hoặc tích hợp sẵn gimbal tốt vào máy, không gian của nhà cung cấp độc lập hẹp lại.

Bài học cho Việt Nam. Một doanh nghiệp không làm UAV hoàn chỉnh vẫn có thể có mặt ở nhiều thị trường. Giá trị của một cấu phần cần được đánh giá qua mức độ khó thay thế và số nền tảng, khách hàng thực sự có nhu cầu sử dụng, không phải qua kích thước của nó.

Đặt Gremsy cạnh 3DR, ta thấy một điều không hiển nhiên: 3DR tham gia nhiều công đoạn của chiếc UAV nhưng không giữ được lợi thế trước đối thủ tích hợp và cạnh tranh giá tốt hơn, còn Gremsy chỉ cạnh tranh ở một cấu phần gắn được vào nhiều loại máy. Sự đa dạng của các nền tảng trên thị trường chính là cơ hội bán hàng của họ.

4. Giá trị dồn về khâu vừa nắm dòng công việc vừa chịu trách nhiệm về đầu ra

3DR không chuyển hướng bằng một mẫu phương tiện mới, mà chuyển trọng tâm sang vị trí số 4: phần mềm và dữ liệu. Site Scan không bán chuyến bay; nó cung cấp phần mềm hỗ trợ cả quy trình làm việc tại công trường xây dựng: lập kế hoạch bay, thu ảnh, dựng mô hình, đo

khối lượng, đưa kết quả vào hồ sơ dự án. Khi dòng công việc ấy đã vào quy trình hằng tuần của một nhà thầu, đổi sang công cụ khác nghĩa là chuyển dữ liệu cũ, đào tạo lại đội ngũ và đổi cách báo cáo cho chủ đầu tư. Giá trị kiểm soát của doanh nghiệp phần mềm nằm ở khả năng tham gia quy trình của khách hàng, chứ không chỉ ở việc sở hữu mã nguồn; còn ai được giữ, dùng lại hay bán dữ liệu là chuyện hợp đồng của Chương 13.

Ở vị trí số 5, vận hành, khách hàng trả tiền để nhiệm vụ được hoàn thành đúng lúc, đúng phạm vi và có phương án khi điều kiện thay đổi. Chương 10 gọi đó là mức dịch vụ. Vị trí số 6, dịch vụ chuyên ngành, đi thêm một bước. Khách hàng điện lực không chỉ cần ảnh nhiệt; họ cần biết chuỗi cách điện nào phải kiểm tra thêm. Doanh nghiệp dịch vụ chuyên ngành có thể thuê nhà vận hành và mua phần mềm, nhưng nếu giao cả thiết kế đầu ra và kiểm soát chất lượng cho người khác, nó chỉ còn là trung gian dễ thay.

Vị trí số 7 là nhóm hoạt động thường ít được chú ý: đào tạo, bảo trì và bảo hiểm. Bảo trì giúp thiết bị tiếp tục hoạt động và tạo ra hồ sơ về lỗi, linh kiện thay thế và những lần sửa chữa. Khi đội bay lớn lên, cuốn sổ ấy có giá trị không kém việc sửa chữa, vì nó giúp doanh nghiệp bảo hiểm đánh giá rủi ro.

Cũng phải xét một trường hợp ngược lại. Zipline, hãng giao hàng y tế và thương mại bằng UAV, tự thiết kế phương tiện bay, tự viết phần mềm tự hành và tự vận hành mạng lưới; tháng 4/2024, họ trở thành công ty đầu tiên đạt một triệu lượt giao hàng thương mại (Chương 23).[129] Nhưng lý do của Zipline khác 3DR. Zipline chịu trách nhiệm về dịch vụ giao hàng từ lúc nhận đơn tới lúc hàng tới tay người nhận, nên họ tự kiểm soát nhiều khâu quyết định độ tin cậy. Họ phát triển phương tiện để phục vụ hoạt động kinh doanh dịch vụ, chứ không coi dịch vụ chỉ là cách thúc đẩy doanh số bán phương tiện. Câu hỏi đúng không phải "có nên làm nhiều khâu không", mà là "đầu ra mình chịu trách nhiệm có buộc mình phải giữ những khâu ấy không".

5. Đứng ở đâu và đi cùng ai là hai quyết định khác nhau

Năm 2017, khi Site Scan chạy được trên UAV của DJI, 3DR vẫn bám vào quy trình làm việc của khách hàng xây dựng; điều thay đổi chỉ là cách công ty nối với phần còn lại của chuỗi, từ bán phần cứng của mình sang bán phần mềm chạy trên máy của đối thủ cũ. Công ty chuyển hướng được nhờ tách quyết định về vị trí khỏi quyết định về phương thức tham gia.

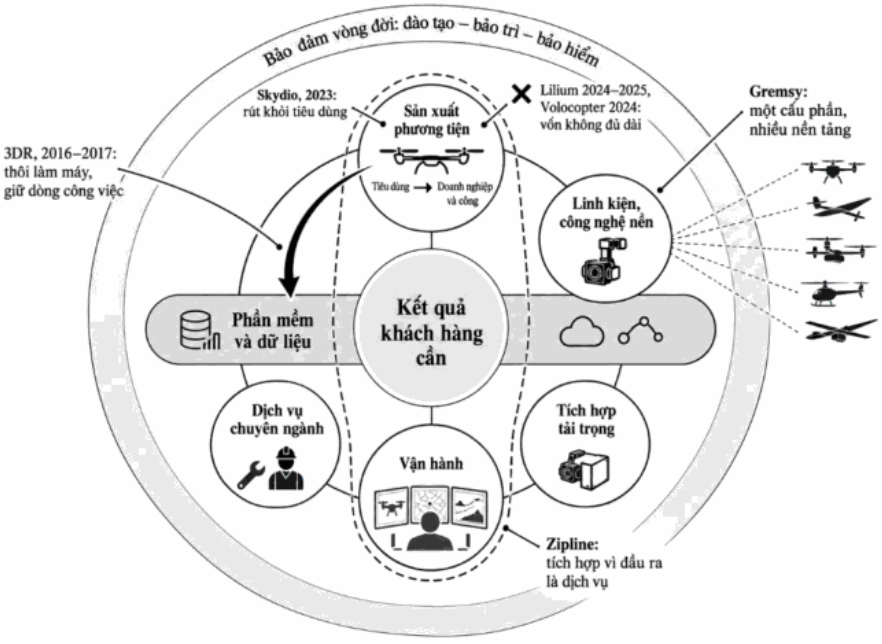
Các nghiên cứu về doanh nghiệp nhỏ trong chuỗi giá trị thường phân biệt bốn phương thức tham gia: bán thẳng cho khách hàng cuối, làm nhà cung ứng cho một doanh nghiệp lớn hơn, mua công nghệ của người khác rồi tích hợp, và hợp tác hay liên doanh.[13] Cùng một vị trí có thể đi bằng cả bốn đường. Gremsy là ví dụ: cùng một dòng gimbal vừa bán cho nhà tích hợp và người dùng chuyên nghiệp, vừa đi vào máy của các hãng phương tiện. Tháng 8/2026, công ty còn ra mắt dòng tải trọng mang thương hiệu Gremsy USA được xếp vào danh sách Blue UAS của Bộ Quốc phòng Mỹ.[118] Vị trí cấu phần giữ nguyên; điều mở rộng là cách tham gia thị trường, qua một pháp nhân tại Hoa Kỳ, để tiếp cận khách hàng yêu cầu sản phẩm nằm trong danh mục đã được thẩm định.

Nhầm lẫn giữa hai quyết định dễ dẫn tới hai sai lầm: nghĩ muốn làm dịch vụ thì phải tự chế tạo phương tiện, và nghĩ mua được mọi thứ thì không cần giữ gì. Ở từng mắt xích, có thể tự làm, mua ngoài hay hợp tác; câu hỏi cốt lõi là năng lực nào phải giữ lại để còn điểm kiểm soát. Nếu toàn bộ năng lực thiết kế và vận hành hệ thống nằm ở đối tác, doanh nghiệp mất điểm kiểm soát dù vẫn đứng tên trên hợp đồng.

Phương thức nào cũng tạo ra phụ thuộc. 3DR lệ thuộc vào việc DJI tiếp tục mở giao diện cho phần mềm bên ngoài. Gremsy lệ thuộc vào việc các hãng phương tiện không khóa giao diện gắn tải trọng. RtR lệ thuộc vào chính sách mua sắm của Mỹ. Phụ thuộc không phải lúc nào cũng bất lợi; nguy hiểm là phụ thuộc không được nhận diện rõ, và không có phương án khi đối tác đổi giá, đổi giao diện hay rời đi.

6. Biết rút khỏi một vị trí cũng là năng lực

Ngày 10/8/2023, Skydio, hãng UAV tự hành của Mỹ, thông báo ngừng bán dòng UAV tiêu dùng Skydio 2+. Công ty viết rằng mảng doanh nghiệp và khu vực công, với hơn 1.500 khách hàng, đòi "toàn bộ sự tập trung", và gọi tên các ngành cốt lõi: an toàn công cộng, giao thông, năng lượng, xây dựng, quốc phòng.[141] Skydio rời một thị trường mà DJI áp đảo, để dồn lực sang những phân khúc mà khách hàng sẵn sàng trả tiền cho năng lực tự hành và độ tin cậy của thiết bị.



Hình 12.1. Doanh nghiệp dịch chuyển về nơi giữ được điểm kiểm soát (các dịch chuyển theo nguồn đã dẫn trong chương; bản đồ không xếp hạng vị trí)

3DR rút khỏi phần cứng tiêu dùng sau khi đã tích trữ một kho hàng lớn và cắt giảm hơn ba phần tư nhân sự. Skydio rút khi còn chủ động (Hình 12.1). Khác biệt về thời điểm ấy cho thấy vì sao doanh nghiệp nên xác định trước dấu hiệu phải thu hẹp hay rời thị trường: chỉ số nào, ở ngưỡng nào thì vị trí không còn giữ được lợi thế. Với một doanh nghiệp, đó có thể là đơn hàng lặp lại không đến sau hai mùa, đối

thủ hạ giá xuống dưới chi phí thay đổi của mình, hay khách hàng bắt đầu so sánh mình chỉ bằng giá.

HỘP 12.2. NĂM CÂU HỎI TRƯỚC KHI CHỌN VỊ TRÍ LÕI

1. Đầu ra nào mình chịu trách nhiệm tới cùng và ai thực sự trả tiền cho nó?
2. Năng lực mình đang giữ có qua được ba câu hỏi ở mục 4 Chương 2, với bằng chứng là đơn hàng lặp lại chứ không phải lời khen ở buổi giới thiệu?
3. Mình chịu được bao lâu từ lúc bỏ vốn tới lúc có doanh thu, và vị trí này cần bao lâu?
4. Nếu đối tác chính đổi giao diện, đổi giá hay rời đi, mình còn giữ được khách hàng và dữ liệu không?
5. Tín hiệu nào, ở ngưỡng nào, sẽ khiến mình thu hẹp hay rời vị trí này, và ai có quyền ra quyết định ấy?

KẾT CHƯƠNG

Trở lại doanh nghiệp công nghệ trong nước đã nhắc ở đầu chương. Trong tình huống tổng hợp này, công ty vừa bay thử thành công một nguyên mẫu UAV do đội ngũ của mình thiết kế; các nhiệm vụ tiếp theo cần thủ tục, giấy tờ gì sẽ tùy quy định có hiệu lực vào lúc thực hiện. Đặt nguyên mẫu ấy cạnh câu chuyện của 3DR và Lilium, hội đồng quản trị không còn coi "làm chủ cả chiếc máy" là đích đến hiển nhiên. Đặt nó cạnh Gremsy và Site Scan, họ thấy thứ công ty giỏi nhất lại nằm ở chỗ khác: cấu hình tải trọng để kiểm tra đường dây và đội ngũ kỹ sư hiểu quy trình bảo trì của khách hàng hạ tầng.

Công ty chọn dịch vụ kiểm tra tài sản làm vị trí lõi. Công ty tự làm cấu hình tải trọng và khâu rà soát dữ liệu, coi đó là hai vị trí liền kề. Phương tiện bay thì mua máy thương mại có sẵn, và cấu hình tải trọng phải chạy được trên hai nền tảng để không lệ thuộc một nhà cung cấp. Nguyên mẫu được giữ lại để tiếp tục thử nghiệm. Hội đồng cũng viết sẵn tín hiệu rút: nếu sau hai mùa cung cấp dịch vụ kể từ khi đủ điều kiện vận hành, không có hợp đồng lặp lại, công ty sẽ thu hẹp về vị trí tích hợp tải trọng. Đó là một nguyên tắc dừng đầu tư mà công ty chủ động đặt ra, khác với cách 3DR đã phản ứng trước tồn kho Solo.

Trong biên bản họp vẫn còn một câu hỏi chưa trả lời. Khách hàng hạ tầng sẽ trả tiền cho cái gì: một chuyến bay, một ki-lô-mét đường dây được kiểm tra, hay một năm sẵn sàng? Và sau mỗi lần bay, ai được giữ dữ liệu? Doanh nghiệp đã chọn vị trí trong chuỗi giá trị; cách thiết kế hợp đồng và thu tiền từ vị trí ấy là câu hỏi của Chương 13.

CHƯƠNG 13. CÁC MÔ HÌNH KINH DOANH TRONG KINH TẾ TẦM THẤP

Cuối tháng 11/2025, Bộ trưởng Y tế Ghana Kwabena Mintah Akandoh đứng trước một lựa chọn khó khăn. Ngày 25/11, Zipline, công ty Mỹ cung cấp dịch vụ vận chuyển thuốc, máu và vắc-xin cho các cơ sở y tế Ghana từ năm 2019, tạm dừng ba trong sáu trung tâm phân phối: Sefwi Wiawso, Krachi và Anum. Nguyên nhân được nêu là các khoản thanh toán chậm. Chính phủ nợ công ty khoảng 175 triệu cedi, chừng 15,4 triệu USD, trong khi dự toán ngân sách 2026 chỉ dành 20 triệu cedi cho khoản này.[131]

Một tuần sau, ông công bố điều khoản cho thấy vì sao nợ cứ dồn lại. "Mỗi tháng, chính phủ phải trả 88.000 USD cho mỗi trung tâm," ông nói tại Accra. "Với sáu trung tâm, chúng ta trả hơn 500.000 USD mỗi tháng." Khoản phí ấy không phụ thuộc số chuyến bay: đây là hợp đồng bao tiêu (take-or-pay), người mua trả đủ khoản cam kết dù dùng nhiều hay ít.[133] Nhân 88.000 USD với sáu trung tâm và 12 tháng được 6,34 triệu USD mỗi năm. Theo mức phí ấy, khoản nợ 15,4 triệu USD tương đương khoảng hai năm rưỡi, còn phần ngân sách năm sau chỉ trả được chừng một phần chín.

Cả hai phía đều có lý lẽ. Bộ Y tế viện dẫn một đợt rà soát nói rằng chỉ 16% chuyến bay là ca khẩn cấp hay tới vùng khó tiếp cận; phần còn lại chở vật tư y tế thông thường và cả một số hàng bên rà soát cho là chưa phù hợp. Zipline đáp rằng hàng phi y tế chỉ chiếm khoảng một trên hai mươi nghìn chuyến, và mọi yêu cầu giao hàng đều do các cơ quan thuộc chính Bộ Y tế đặt.[134] Khối lượng vận chuyển cũng lớn: tới tháng 4/2024, hơn 540.000 chuyến giao đã bay khắp mười ba vùng của Ghana, chở tổng cộng 12,2 triệu liều vắc-xin.[130]

Vậy ông nên làm gì? Trả nợ cho một hợp đồng mà chính ông cho là gánh nặng tài chính lớn, chấm dứt nó như lãnh đạo khối đa số trong

Quốc hội đòi, hay đàm phán lại cách tính phí? Khi ký năm 2018, hợp đồng ấy từng được coi là chắc chắn cho cả hai bên: doanh nghiệp có khoản thu đều để xây trung tâm, nhà nước có năng lực sẵn sàng phục vụ cả nước. Bảy năm sau, chính cơ chế bảo đảm ấy lại trở thành điểm gây tranh cãi.

Câu hỏi Chương 12 để lại giờ hiện ra trong một tình huống bằng tiền thật: doanh nghiệp bán năng lực bay nên tính phí theo chuyến bay, theo ki-lô-mét hay theo năm sẵn sàng, để doanh thu đủ ổn định, đồng thời phù hợp với nhu cầu và khả năng chi trả của bên mua?

1. Cùng một công ty, cùng một dịch vụ, hai cách tính tiền dồn rủi ro về hai phía khác nhau

Chương 3 đã kể: từ năm 2016, Chính phủ Rwanda trả Zipline một mức giá cố định cho mỗi lần giao, kèm cam kết khối lượng tối thiểu.[137] Hai năm sau, cùng công ty ấy ký với Ghana một dịch vụ giao máu và thuốc gần như giống hệt về kỹ thuật, nhưng theo cách khác: phí cố định cho mỗi trung tâm mỗi tháng. Về kinh tế, đó là hai giao dịch khác hẳn.

Ở Rwanda, tháng nào bệnh viện ít cần máu thì số lần giao giảm và doanh thu của Zipline giảm theo, nhưng chỉ tới mức sàn khối lượng đã cam kết. Rủi ro nhu cầu phía trên mức sàn nằm ở người bán; phần dưới mức sàn do người mua gánh. Ở Ghana, tháng nào ít chuyến thì chính phủ vẫn trả đủ, nên rủi ro nhu cầu nằm ở người mua.

Một phép tính ước lượng cho thấy rủi ro ấy lớn cỡ nào. Khoảng 540.000 chuyến được công bố đến tháng 4/2024, chia cho xấp xỉ năm năm hoạt động, ra bình quân khoảng 108.000 chuyến mỗi năm. Nếu giữ nhịp ấy, khoản phí cố định 6,34 triệu USD mỗi năm tương ứng chừng 59 USD một chuyến. Nếu số chuyến giảm một nửa mà phí giữ nguyên, mỗi chuyến quy đổi lên khoảng 117 USD đối với bên mua. Con số quy đổi ấy (số trung tâm và mức phí đã đổi qua các năm, số chuyến do doanh nghiệp công bố) không phải đơn giá thực của từng chuyến, nhưng minh

họa được cơ chế: khi phí là cố định, mọi biến động khối lượng đều dồn vào giá mỗi chuyến mà người mua phải trả.

Từ đây có thể tách các lớp mà thị trường hay gọi chung là "mô hình kinh doanh" (Bảng 13.1). Hai hợp đồng giống nhau ở cách cung cấp và hình thức hợp đồng: Zipline sở hữu máy, chịu trách nhiệm tới lúc kiện hàng chạm đất, trong quan hệ nhiều năm với một người mua duy nhất là nhà nước. Chúng khác nhau ở đơn vị tính phí, theo lần giao ở Rwanda, theo mỗi trung tâm mỗi tháng ở Ghana, nên khác cả về cách hình thành doanh thu. Gọi cả hai là "dịch vụ giao hàng bằng UAV" không sai, nhưng không cho biết rủi ro nằm ở đâu. Câu hỏi "sở hữu, thuê hay mua dịch vụ" (Chương 4) chỉ cho biết ai sở hữu và ai tổ chức chuỗi; câu hỏi về tiền nằm ở lớp sau: trả theo đơn vị nào, theo chu kỳ nào, và khi nhu cầu thay đổi thì ai chịu.

2. Khoản thu chỉ chắc chắn khi người mua thanh toán

Cam kết mua một khối lượng tối thiểu là cách làm quen thuộc trong lĩnh vực điện, khí đốt và hạ tầng, nơi người bán bỏ vốn lớn trước và cần khoản thu chắc để vay. Cùng tháng 11/2025, Bộ Ngoại giao Mỹ công bố tài trợ tới 150 triệu USD để Zipline mở rộng ở Rwanda, Côte d'Ivoire, Kenya và Nigeria, nhưng chỉ giải ngân khi các chính phủ ký hợp đồng mở rộng toàn quốc và cam kết gánh chi phí vận hành.[135] Với người bán và nhà tài trợ, hợp đồng nhiều năm là thứ biến kế hoạch thành dự án vay được vốn.

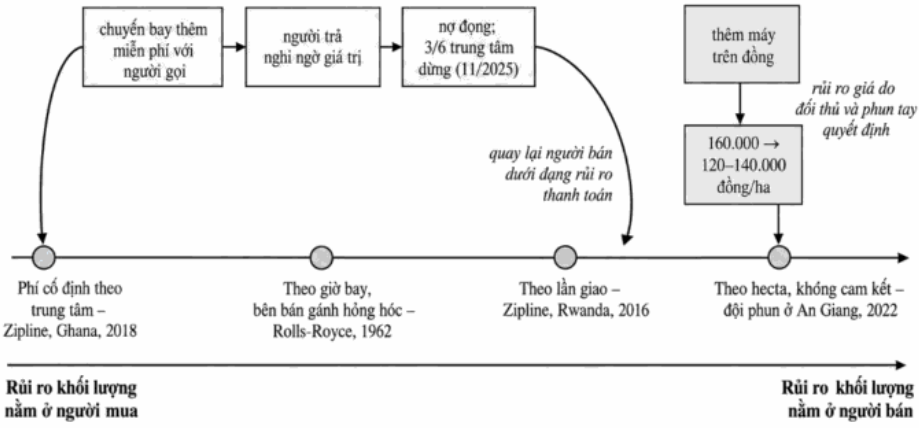
Nhưng ở Ghana, rủi ro tưởng như đã do bên mua gánh chịu lại phát sinh đối với bên bán, qua ba bước.

Bước một, với phí cố định, bên đặt hàng không phải trả thêm cho mỗi chuyến. Các cơ quan thuộc Bộ Y tế vì thế ít có động cơ tài chính để dành năng lực bay cho túi máu hay huyết thanh kháng nọc rắn. Hai bên còn tranh cãi về tỷ lệ, nhưng không cần con số cũng thấy được cơ chế. Khi chuyến bay thứ một nghìn không tốn thêm đồng nào của người gọi, người đặt hàng dễ gọi cả những chuyến không nhất thiết phải bay.

Bước hai, người trả tiền nhìn hóa đơn, thấy những chuyến ấy và bắt đầu nghi ngờ giá trị của cả hợp đồng. Rủi ro về sản lượng, tưởng như bên mua phải gánh chịu, lại chuyển thành rủi ro chính trị đối với bên bán.

Bước ba, rủi ro chính trị gặp rủi ro ngân sách. Theo Bộ trưởng Tài chính Ghana, tới cuối năm 2024 chính phủ còn nợ nhà thầu và nhà cung cấp tổng cộng 67,5 tỷ cedi, khoảng 5,2% GDP.[132] Zipline chỉ là một chủ nợ trong hàng dài. Một bài bình luận dẫn điều tra của Quốc hội Ghana nêu mức lãi phạt chậm trả 20%; bài cũng lưu ý hợp đồng tính giá bằng USD, nên mỗi lần đồng cedi mất giá, hóa đơn tính bằng tiền trong nước lại tăng.[136]

Hình 13.1 vẽ lại ba bước ấy và đặt chúng cạnh thái cực ngược lại ở mục sau.



Hình 13.1. Rủi ro không mất đi, chỉ chuyển sang bên khác và mang dạng khác

Có thể phản biện rằng trường hợp Ghana chịu ảnh hưởng của khó khăn tài chính, còn bao tiêu là thông lệ mà thiếu nó thì không ai xây trung tâm. Lời phản biện ấy mới đúng một nửa. Bao tiêu không sai; nó là quyết định có chủ ý chuyển rủi ro khối lượng sang người mua. Cái thiếu ở Ghana là năng lực quản lý đi kèm cam kết ấy: quy tắc ai được đặt chuyến cho loại hàng nào, và dự toán đủ cho các nghĩa vụ đã ký. Rwanda trả theo lần giao, có mức sàn khối lượng, và dịch vụ vẫn chạy

gần một thập kỷ. Không có cách tính phí nào tự bảo đảm thành công; điều quyết định là hai bên hiểu và quản lý được rủi ro mà hợp đồng phân bổ.

HỘP 13.1. TRƯỚC KHI KÝ MỘT KHOẢN PHÍ CỐ ĐỊNH

Một địa phương mua dịch vụ bay theo phí cố định là đang mua sự sẵn sàng, không mua chuyến bay. Điều đó hợp lý khi nhu cầu khẩn cấp khó dự báo và cái giá của việc không có máy lúc cần rất cao, như vận chuyển máu hay ứng phó thiên tai. Bài học Ghana gợi ra năm điều phải chốt trước khi ký. Thứ nhất là danh mục nhiệm vụ được dùng năng lực ấy và thứ tự ưu tiên, để năng lực bay không bị sử dụng cho hàng hóa có thể vận chuyển bằng đường bộ. Thứ hai là ai được quyền đặt chuyến, và báo cáo mức dùng định kỳ cho bên trả tiền. Thứ ba là dòng ngân sách cho cả thời hạn hợp đồng, không chỉ năm đầu. Thứ tư là đồng tiền thanh toán và nguyên tắc điều chỉnh giá. Thứ năm là điều gì xảy ra khi chậm trả hay khi muốn thu hẹp: bao nhiêu điểm có thể dừng, báo trước bao lâu, dữ liệu và hồ sơ giao nhận được bàn giao ra sao. Hình thức mua cụ thể (đặt hàng, đấu thầu hay hợp tác công tư) phải theo pháp luật hiện hành và cần ý kiến chuyên gia; sách không hướng dẫn thủ tục.

3. Tính theo hecta thì người bay chịu cả rủi ro mùa vụ lẫn rủi ro bị đối thủ hạ giá

Ở đầu kia của dải rủi ro là các đội phun thuốc bằng UAV trên đồng lúa đồng bằng sông Cửu Long, với một hợp đồng ngắn đến mức không ai viết ra. Đọc theo khung tám bước:

Bài toán ban đầu. Một vụ lúa cần phun thuốc tám đến mười lần. Lao động nông thôn ngày càng ít, mà phun bằng bình đeo vai vừa nặng nhọc vừa độc hại.

Cách làm cũ. Chủ ruộng tự phun, hoặc thuê người phun tay trả theo công.

Giải pháp mới. Người có vốn mua UAV phun thuốc và bán dịch vụ cho chủ ruộng theo diện tích. Ông Nguyễn Thọ Trường ở huyện Tri Tôn, An Giang, được báo chí ghi lại năm 2022, thu 160.000 đồng mỗi hecta.

Chi phí và nguồn lực. Năm 2022, mỗi máy nặng khoảng 20 kg, giá 400–700 triệu đồng; ông Trường đầu tư tổng cộng 600 triệu. Một máy phun được 30–70 ha mỗi ngày, tùy các thửa ruộng gần hay xa nhau.

Kết quả. Hai tháng đầu, ông phun hơn 2.800 ha, doanh thu khoảng 450 triệu đồng và mua được chiếc máy thứ hai sau chừng bốn tháng.

Điều kiện thành công. Ruộng liền thửa, lịch phun dày, công phun tay đắt, và chủ ruộng tin người bay.

Giới hạn. Chính vì thành công nên nhiều người sẽ lao vào cung cấp dịch vụ. Cùng bài báo cho biết huyện Tri Tôn khi ấy đã có 28 máy phun cho thuê, và khối lượng của ông Trường giảm còn 600–700 ha mỗi tháng vì cạnh tranh.[98] Tháng 4/2026, giá phổ biến ở miền Tây chỉ còn 120.000–140.000 đồng mỗi hecta, và các tổ đội cho biết giá dịch vụ đã thấp hơn phun tay 4–5%.[83]

Bài học cho Việt Nam. Hecta là đơn vị dễ đếm, dễ đối soát nhất của một cánh đồng, nhưng không bảo vệ người bán khi số máy tăng nhanh hơn diện tích cần phun.

Đặt các mức sản lượng và giá cạnh nhau cho thấy rủi ro chủ yếu nằm ở người cung cấp dịch vụ. Khối lượng mỗi tháng của ông Trường giảm từ khoảng 1.400 ha (2.800 ha trong hai tháng) xuống khoảng 650 ha, tức hơn một nửa. Nếu một đội vừa chỉ còn 650 ha vừa phải bán theo mức giữa khoảng giá năm 2026, doanh thu giả định mỗi tháng giảm từ 224 triệu đồng (1.400 ha nhân 160.000 đồng) xuống khoảng 85 triệu (650 ha nhân 130.000 đồng), tức hơn ba phần năm. Đây là phép ghép số của hai bài báo cách nhau bốn năm, không phải doanh thu thực của một đội; nó chỉ cho thấy người cung cấp dịch vụ phải gánh cùng lúc cả hai biến động, khối lượng và giá. Chủ ruộng không cam kết gì; vụ sau họ gọi đội rẻ hơn.

Giá dịch vụ không chỉ phụ thuộc chi phí của người bay. Thu theo diện tích ở một thị trường manh mún là chấp nhận để đối thủ và người phun tay định giá thay mình. Giải pháp vì thế nằm ở cách tổ chức giao

dịch, chứ không phải ở việc thay đổi phương tiện. Cách thứ nhất là ký theo cả vụ với hợp tác xã thay vì chờ từng cuộc gọi, như hợp đồng 400 hecta của người thanh niên ở Chương 2; cơ quan quản lý trồng trọt cũng đánh giá hướng này phù hợp hơn việc từng hộ tự mua máy.[99] Cách thứ hai là bán thêm thứ đối thủ chưa bán được, như bản đồ khoanh vùng của Chương 8, để giá không còn chỉ là giá một lượt phun.

Bảng 13.1 phân tích hai giao dịch ở Ghana và An Giang theo sáu lớp; ở mỗi lớp, câu cần hỏi là "nếu điều này thay đổi thì ai chịu".

BẢNG 13.1. Hai cách giao dịch, sáu lớp, hai nơi gánh rủi ro

Lớp	Zipline – Ghana	Đội phun ở An Giang	Câu hỏi khi tự thiết kế
1. Kết quả khách hàng cần	Thuốc, máu, vắc-xin tới cơ sở y tế kịp lúc	Ruộng được phun đúng lúc, đúng liều	Thế nào thì được tính là xong?
2. Thứ được chuyển giao	Năng lực giao hàng sẵn sàng của sáu trung tâm	Từng lượt phun trên một diện tích	Khách nhận năng lực, hay nhận việc đã làm?
3. Sở hữu và vận hành	Zipline sở hữu, vận hành	Người bay sở hữu, vận hành; chủ ruộng mua thuốc	Ai ứng vốn, ai gánh giá trị còn lại?
4. Đơn vị tính phí	Phí cố định cho mỗi trung tâm mỗi tháng	Đồng trên hecta	Khối lượng giảm một nửa thì ai mất tiền?
5. Hình thức hợp đồng	Nhiều năm, chỉ định thầu, một người mua là nhà nước	Giao dịch theo từng lần phun; hình thức ghi nhận chưa rõ	Ai được rút, báo trước bao lâu?

6. Rủi ro và quyền dữ liệu	Người mua gánh khối lượng, người bán gánh rủi ro thanh toán; điều khoản dữ liệu không công bố	Người bay gánh khối lượng và giá; việc ghi và khai thác dữ liệu chưa rõ	Dữ liệu sinh ra thuộc ai, ai được dùng lại?

Nguồn: các tài liệu được dẫn trong chương; khung sáu lớp do các tác giả tổng hợp.

4. Muốn thu theo kết quả, phải nắm được thứ quyết định kết quả

Giữa hai thái cực có một con đường ngành hàng không đã đi từ năm 1962, khi Rolls-Royce đưa ra dịch vụ "Power-by-the-Hour" cho động cơ Viper trên máy bay phản lực thương gia HS 125: thay thế động cơ và phụ kiện trọn gói, với chi phí cố định cho mỗi giờ bay. Theo hãng, cách làm ấy đặt lợi ích của hai bên cùng một hướng, vì nhà khai thác "chỉ trả tiền cho những động cơ hoạt động tốt".[148] Nhà khai thác vẫn gánh rủi ro khối lượng: bay ít thì trả ít, nhưng đó là vì họ không cần máy. Còn rủi ro hỏng hóc đột xuất, thứ nhà khai thác không kiểm soát được, chuyển sang nhà sản xuất, bên có năng lực trực tiếp cải thiện độ bền của động cơ.

Bí quyết không nằm ở chữ "theo giờ" mà ở chỗ mỗi bên gánh đúng loại rủi ro mình kiểm soát. Đó là phép thử cho mọi đề nghị thu theo kết quả. Giữa một chuyến bay và kết quả khách hàng thực sự muốn có nhiều nấc: khối lượng đã bay, đầu ra đã giao, đầu ra đạt chuẩn, mức dịch vụ duy trì theo thời gian (Chương 10), rồi mới tới thay đổi có ý nghĩa với khách hàng. Càng tiến về nấc cuối, càng cần đường cơ sở, phương pháp đo và người xác nhận độc lập, còn phần nhà cung cấp kiểm soát lại hẹp dần. Một hợp đồng kiểm tra đường dây trả theo "mức giảm sự cố" bắt người bay chịu rủi ro của thời tiết, của quy trình bảo trì, và của quyết định sửa chữa mà Chương 9 đã xếp vào trách nhiệm của bên quản lý tài sản. Trả theo đầu ra đạt chuẩn, cộng một khoản phí cố định để duy trì năng lực cung cấp dịch vụ, thường công bằng hơn, vì người bán chỉ phải chịu phần việc nằm trong khả năng của mình.

Nhìn lại Ghana theo phép thử ấy: một phần cố định để nuôi trung tâm là hợp lý, vì Zipline kiểm soát sự sẵn sàng; nhưng khi toàn bộ khoản thanh toán là cố định, không phần nào gắn với điều Bộ Y tế quan tâm nhất là ca khẩn có đến kịp không. Một cấu trúc nhiều phần (phí sẵn sàng, phí theo lần giao và một khoản gắn với thời gian phản hồi ca khẩn) có thể giúp hai bên đánh giá dịch vụ theo kết quả thay vì chỉ theo tổng hóa đơn; đây là suy luận của sách, không phải điều khoản có thật.

Quyền đối với dữ liệu dễ bị bỏ qua khi thiết kế hợp đồng. Mỗi chuyến giao ở Ghana để lại một bản ghi về việc cơ sở nào cần gì, lúc nào, chờ bao lâu, tức một bức tranh có giá trị về chuỗi cung ứng y tế; nhưng điều khoản dữ liệu không được công bố. Về mặt thương mại, chữ "dữ liệu" bao hàm ít nhất bốn quyền: truy cập để xem và nhận; sử dụng cho mục đích đã thống nhất; sử dụng lại cho mục đích khác, như huấn luyện một mô hình; và bán lại cho bên thứ ba. Dữ liệu ghi nhận trên tài sản hay hoạt động của khách hàng không mặc nhiên thuộc quyền khai thác của nhà cung cấp, và khử thông tin nhận dạng không tự tạo ra quyền ấy. Với câu hỏi Chương 12 để lại, ai *giữ* dữ liệu là chuyện thứ yếu; ai *được làm gì* với nó phải viết thành điều khoản. Nghĩa vụ pháp lý cụ thể về dữ liệu thuộc Phần VI.

5. Hợp đồng nhiều năm chỉ bền khi còn nhu cầu, còn ngân sách và còn giấy phép

Hợp đồng dài hạn, thuê bao và thanh toán định kỳ là ba thứ khác nhau, và không thứ nào tự tạo ra nhu cầu. Chia một đợt khảo sát thành mười hai kỳ thanh toán không biến nó thành nhu cầu thường xuyên; thuê bao phần mềm như Site Scan (Chương 12) chỉ lặp lại khi công cụ đã nằm trong quy trình hằng tuần của khách hàng. Bằng chứng cần tìm là chu kỳ công việc thật: lịch kiểm tra một mạng tài sản, nhịp mùa vụ, nhu cầu máu của một hệ thống bệnh viện.

Trong quan hệ nhiều năm, hai cam kết hay bị lẫn với nhau. Cam kết khối lượng là người mua hứa mua tối thiểu bao nhiêu việc. Cam kết

sẵn sàng là người bán hứa huy động được máy và người trong một thời hạn nhất định khi được gọi, kể cả những tuần không có nhiệm vụ. Ghana trả cho sự sẵn sàng; ở An Giang, không ai trả cho những ngày máy nằm chờ. Một hợp đồng kết hợp hai loại khoản phí có thể phân bổ rủi ro cân bằng hơn nếu nhu cầu đủ ổn định: một phí sẵn sàng đủ nuôi năng lực tối thiểu, cộng phần thanh toán theo khối lượng đã làm đạt chuẩn. Hợp đồng cũng phải có nguyên tắc rà soát giá, quy định trước việc bàn giao, lưu giữ và sử dụng dữ liệu khi hợp đồng kết thúc, và tính đến thời hạn phép bay, một ràng buộc riêng ở Việt Nam (Hộp 13.2). Doanh thu ổn định chưa phải lợi nhuận ổn định.

HỘP 13.2. ĐIỂM NGHẼN – HỢP ĐỒNG TÍNH THEO NĂM, PHÉP BAY TÍNH THEO NGÀY

Nghị định 288/2025/NĐ-CP giới hạn thời gian hiệu lực trong một lần cấp phép bay (Điều 21, khoản 4). Phép bay cho một hoạt động thông thường có thời hạn tối đa 30 ngày; với hoạt động bay công vụ và bay phục vụ nông nghiệp, tối đa 180 ngày; với hoạt động bay tại khu vực bay truyền thống, tức khu vực đã được cấp phép bay ổn định, lâu dài, tối đa 360 ngày. Hồ sơ đề nghị cấp phép bay phải được gửi tối thiểu 07 ngày trước ngày bay (Điều 22, khoản 2). Chương 20 phân tích vì sao mốc tối thiểu này chưa đủ để bảo đảm lịch bay.

Một hợp đồng kiểm tra tài sản ba năm vì thế cần nhiều lần xin phép, lần nào cũng có thể chậm. Hợp đồng phải quy định trước ba điểm: ai chịu trách nhiệm xin phép; chuyến bay không thực hiện được vì chưa có phép có bị tính là vi phạm mức dịch vụ không; phí sẵn sàng có tiếp tục được tính khi đội bay chờ phép không.

KẾT CHƯƠNG

Trở lại doanh nghiệp kiểm tra tài sản ở Chương 12. Khi nhận đề nghị đàm phán một hợp đồng dịch vụ có thời hạn ba năm từ công ty truyền tải điện ở Chương 4, hội đồng quản trị, sau khi xem xét hai trường hợp ở Ghana và tại An Giang, không chỉ hỏi "thu đều hay thu theo việc" mà hỏi mỗi loại rủi ro nằm ở bên nào.

Họ chào dịch vụ kiểm tra tài sản trọn gói. Tiền tính theo ki-lô-mét tài sản có báo cáo đạt chuẩn, cộng một phí sẵn sàng cố định đủ nuôi một đội bay tối thiểu nhưng không đủ để công ty có lãi nếu không bay. Danh

mục nhiệm vụ và thứ tự ưu tiên được ghi kèm, cùng báo cáo mức dùng hằng quý cho bên trả tiền. Công ty chịu trách nhiệm xin phép bay; công ty đề xuất không coi chuyến không bay được vì chưa có phép là vi phạm mức dịch vụ, nhưng phí sẵn sàng chỉ được tính tối đa ba mươi ngày chờ phép. Công ty đề xuất để bên thuê giữ quyền kiểm soát dữ liệu; công ty chỉ được dùng lại để cải tiến mô hình theo một điều khoản riêng, đổi lại bên thuê được giảm phí. Công ty không nhận điều khoản thưởng phạt theo "mức giảm sự cố". Giá tính bằng đồng Việt Nam, rà soát hằng năm.

Cấu trúc dự kiến phân bổ rủi ro theo khả năng kiểm soát của mỗi bên, nhưng còn trống ba con số. Phí sẵn sàng bao nhiêu thì đủ nuôi đội bay mà không thành một hợp đồng bao tiêu trá hình? Bao nhiêu phần trăm chuyến sẽ bị hủy, phải bay lại hay phải chờ phép? Và cần tối thiểu bao nhiêu ki-lô-mét đạt chuẩn để khoản thu bù được khoản chi? Một cấu trúc hợp lý vẫn có thể khiến công ty lỗ đều đặn nếu ba con số ấy sai; đó là việc của Chương 14.

CHƯƠNG 14. TÍNH TOÁN HIỆU QUẢ KINH TẾ

Từ Thâm Quyến, Trung Quốc, UAV chở hàng cỡ lớn của Phong Dực, doanh nghiệp chuyên về UAV thuộc tập đoàn chuyển phát SF, cất cánh ra biển với hàng chuyển phát và hải sản tươi. Điểm đến là quần đảo Vạn Sơn, cách khoảng 60 km. Phà mất bốn đến sáu giờ, tàu cao tốc một đến hai giờ. Chiếc UAV có tải trọng tối đa 200 kg hoàn thành chặng bay trong 45 phút. Tính đến tháng 3/2026, khoảng một năm sau khi tuyến được báo chí chú ý, nó đã bay hơn 600 chuyến và chở gần 100 tấn hàng.[109]

Nếu dừng ở đó, đây là một câu chuyện công nghệ. Nhưng một bài của chuyên trang kinh tế tầm thấp Trung Quốc đã phân tích điều mà ít bài viết về UAV đề cập: chi phí. Theo bài phân tích, tuyến cần khoản đầu tư ban đầu khoảng 1,47 triệu nhân dân tệ (NDT) cho thiết bị. Khấu hao khoảng 570.000 NDT và chi phí vận hành khoảng 820.000 NDT mỗi năm; pin và nhân lực chiếm 83% chi phí vận hành, riêng tiền pin mỗi chuyến khoảng 640 NDT. Giả định mỗi chuyến chở 160 kg, tức 80 kiện hàng 2 kg, bài báo ước tính chi phí khoảng 29 NDT mỗi kiện, và kết luận tuyến "vừa vượt qua điểm hòa vốn" ở khoảng 420 chuyến một năm.[109]

Từ bảng tính ấy, doanh nghiệp Việt Nam cần lưu ba điều. Thứ nhất, số chuyến quyết định hiệu quả nhiều hơn giá mua chiếc máy: cùng một máy, một trạm và một đội vận hành, bay 400 hay 600 chuyến mỗi năm là hai bài toán kinh tế khác hẳn. Thứ hai, nhiều khoản chi đã phát sinh trước chuyến bay đầu tiên và vẫn phải trả cả những ngày máy không bay được vì gió. Thứ ba, ngay cả bộ số liệu tưởng như đầy đủ này cũng có điểm không nhất quán trong cách tính chi phí (mục 2).

Ở Chương 13, công ty truyền tải điện ở Chương 4 đề nghị ký hợp đồng ba năm với doanh nghiệp kiểm tra tài sản được theo dõi trong Phần IV và hội đồng quản trị đề xuất cách tính phí: tính tiền theo ki-lô-

mét có báo cáo đạt chuẩn, cộng một phí sẵn sàng. Cấu trúc ấy còn để trống ba con số: phí sẵn sàng bao nhiêu thì đủ, bao nhiêu chuyến sẽ bị hủy hay phải bay lại, và cần bao nhiêu ki-lô-mét để thu bù chi. Tuyến Thâm Quyến – Vạn Sơn cho thấy vì sao ba con số ấy quan trọng hơn mọi báo giá thiết bị.

Chương này hỏi: *muốn biết mua máy, thuê máy hay thuê dịch vụ bay có thật sự hiệu quả, doanh nghiệp cần tính những khoản nào và con số nào có thể làm thay đổi kết luận?*

1. Chi phí bình quân mỗi chuyến phụ thuộc chủ yếu vào số chuyến cùng chia chi phí cố định, không chỉ vào giá mua phương tiện

Đọc tuyến Thâm Quyến – Vạn Sơn theo khung tám bước:

Bài toán ban đầu. Quần đảo Vạn Sơn cần hàng tươi và chuyển phát mỗi ngày, trong khi đường biển chậm và phụ thuộc thời tiết.

Cách làm cũ. Phà mất bốn đến sáu giờ, tàu cao tốc một đến hai giờ, theo lịch cố định.

Giải pháp mới. Một tuyến UAV chở hàng cỡ lớn bay khoảng 45 phút, nhận hàng ở điểm xuất phát và giao tới đảo.

Chi phí và nguồn lực. Khoảng 1,47 triệu NDT đầu tư ban đầu; chi phí năm khoảng 1,39 triệu NDT gồm khấu hao và vận hành; pin khoảng 640 NDT mỗi chuyến; tiền lương của người điều khiển bay và kỹ sư bảo trì khoảng 300.000 NDT một năm.

Kết quả. Hơn 600 chuyến và gần trăm tấn hàng, trong đó hơn 40 tấn hải sản tươi; chi phí bình quân khoảng 29 NDT mỗi kiện.

Điều kiện thành công. Nhu cầu đủ đều để duy trì nhiều chuyến trong thời gian dài; hàng có giá trị cao khi đến nhanh; một tuyến đường biển mà phương tiện thay thế mất nhiều thời gian hơn.

Giới hạn. Các con số là ước tính của bài báo, không phải báo cáo tài chính của doanh nghiệp; bài báo không nêu giá cước nên không kiểm được kết luận "hòa vốn" chỉ từ các số liệu đã công bố.

Bài học cho Việt Nam. Muốn biết một tuyến có hiệu quả kinh tế hay không, đừng hỏi máy giá bao nhiêu; hãy hỏi mỗi năm có bao nhiêu chuyến cùng gánh chi phí cố định.

Tách từng khoản chi sẽ thấy rõ cơ chế. Mỗi chuyến tốn thêm khoảng 640 NDT tiền pin; đó là khoản chi thay đổi, chỉ phát sinh khi có chuyến bay. Phần còn lại của vận hành (lương người bay, bảo trì và các khoản khác) cộng với khấu hao là khoảng một triệu NDT mỗi năm, bay hay không cũng phải trả. Với 600 chuyến, mỗi chuyến gánh khoảng 1.680 NDT chi phí cố định, cộng 640 NDT tiền pin, ra khoảng 2.320 NDT một chuyến, tức 29 NDT mỗi kiện. Với 1.000 chuyến, phần cố định mỗi chuyến chỉ còn khoảng 1.000 NDT, và một kiện tốn khoảng 21 NDT nếu tính lại từ chính các số của bài báo (bài báo nêu 18 NDT nhưng chưa công bố đủ giả định để đối chiếu). Tăng hai phần ba số chuyến, chi phí mỗi kiện giảm gần ba phần mười, dù không đổi một con ốc nào của chiếc máy.

Vì vậy, khi đánh giá hiệu quả, cần dựa vào hai khái niệm hơn là giá mua máy. *Tổng chi phí sở hữu* (TCO) là toàn bộ nguồn lực cần để mua sắm, vận hành, bảo trì và thanh lý một năng lực trong một khoảng thời gian, sau khi trừ giá trị còn lại có căn cứ. Pin là ví dụ dễ thấy: một khối pin cho UAV nông nghiệp cỡ lớn bán lẻ ở Úc khoảng 3.850 đô la Úc và được nhà sản xuất công bố dùng tới 1.500 chu kỳ sạc.[111] Nó là vật tư tiêu hao, không phải phụ kiện, và trên tuyến Vạn Sơn nó là khoản chi thay đổi lớn nhất.

Khái niệm thứ hai là *chi phí trên một kết quả được nghiệm thu*: tổng chi phí trong kỳ chia cho số đầu ra khách hàng chấp nhận trong cùng kỳ. Phép chia này khắt khe hơn phép chia của bài báo. Tử số phải gồm cả những chuyến không làm ra gì: chuyến bị hủy vì gió vẫn làm phát sinh chi phí nhân sự và thời gian đã dành cho nhiệm vụ, bộ ảnh

không đạt yêu cầu vì bề mặt còn ướt phải được chụp lại, báo cáo không qua rà soát phải làm lại. Mẫu số chỉ đếm những gì được nghiệm thu, không đếm số lần cất cánh. Với doanh nghiệp kiểm tra tài sản, mẫu số là số ki-lô-mét có báo cáo đạt chuẩn. Mỗi chuyến phải thực hiện lại làm tăng tổng chi phí nhưng không làm tăng số kết quả được nghiệm thu.

2. Nhanh hơn chưa phải rẻ hơn, và một bảng tính có thể sai ở những khoản chi ít được chú ý

Nếu tuyến Vạn Sơn là ví dụ vừa chạm điểm hòa vốn, thì chương trình Prime Air của Amazon là ví dụ ở thái cực ngược lại. Theo các tài liệu nội bộ mà Business Insider đưa tin tháng 4/2022, mỗi lần giao hàng bằng UAV trong giai đoạn thử ở Mỹ năm 2022 tốn ít nhất 484 USD. Mục tiêu của công ty là hạ xuống 63 USD vào năm 2025; ngay mức ấy vẫn gần gấp hai mươi lần chi phí trung bình giao bằng đường bộ. Mỗi chiếc máy thế hệ ấy tốn khoảng 146.000 USD để chế tạo.[107] Khách hàng trả 9,99 USD cho một lần giao nếu là thành viên Prime, 15 USD nếu không.[140]

Muốn phần giá máy trong mỗi lần giao chỉ còn 1 USD, một chiếc máy 146.000 USD phải giao 146.000 lần trong đời. Toàn bộ chương trình Prime Air, theo số được dẫn đầu năm 2026, mới thực hiện khoảng 16.000 lần giao kể từ khi bắt đầu phục vụ cuối năm 2022.[119] Vấn đề không nằm ở công nghệ mà ở mẫu số quá nhỏ so với khối chi phí cố định: máy, người, trạm, quy trình an toàn, hồ sơ phê duyệt. Rút ngắn thời gian giao hàng không tự làm giảm chi phí mỗi lần giao. Nhanh hơn chỉ trở thành rẻ hơn khi thời gian tiết kiệm được có người trả tiền, hoặc khi số lần giao đủ lớn để chia khoản chi cố định.

Phản biện mạnh nhất là đây toàn con số sơ khai: máy sẽ rẻ đi, máy tự hành sẽ bớt người bay. Nhưng một quyết định đầu tư hôm nay phải dùng số hôm nay, kèm câu hỏi giá phải giảm bao nhiêu, sản lượng phải tăng bao nhiêu thì kết luận đổi chiều.

Bảng tính chi phí của tuyến Vạn Sơn còn một bài học khác, kém hiển nhiên hơn. Bài báo ghi khoản đầu tư khoảng 1,47 triệu NDT "khấu hao từ 5 đến 10 năm", nhưng lại nêu khoản khấu hao 570.000 NDT mỗi năm. Chia 1,47 triệu cho 5 đến 10 năm chỉ ra 147.000 đến 294.000 NDT mỗi năm, chưa trừ giá trị còn lại. Với mức 294.000, chi phí mỗi kiện ở 600 chuyến giảm từ 29 xuống khoảng 23 NDT; với 147.000, xuống khoảng 20 NDT. Chênh lệch có thể đến từ khoản đầu tư chưa được trình bày hoặc phương pháp khấu hao khác, nhưng bài báo chưa giải thích. Chỉ một dòng không khớp đã làm chi phí đơn vị lệch hai đến ba phần mười, đủ để đổi kết luận về giá cước hay về việc có nên mở tuyến thứ hai. Lỗi lớn của một bảng tính hiếm khi nằm ở phần kỹ thuật mà ở chi phí cố định, ở mẫu số, và ở những khoản được cộng vào khi chưa đủ căn cứ (Hộp 14.1).

HỘP 14.1. KHÔNG NÊN LÀM – BỐN KIỂU LÀM ĐẸP SỐ LIỆU TRONG BẢNG TÍNH

Coi giá máy là thước đo hiệu quả. Một chiếc máy rẻ hơn chưa chắc cho kết quả rẻ hơn. Trên tuyến Vạn Sơn, pin và nhân lực chiếm 83% chi phí vận hành. Ở Vạn Sơn cũng như Prime Air, chi phí mỗi lần giao do số lần giao quyết định nhiều hơn giá máy.

Coi nhanh hơn là rẻ hơn. Thời gian tiết kiệm chỉ tạo ra giá trị tài chính cho nhà cung cấp khi có người trả tiền cho nó, hoặc khi nó giúp tránh một khoản chi có thật.

Nhầm hòa vốn với hoàn vốn. Một tuyến có thể thu bù chi ngay từ năm đầu mà mười năm sau mới trả hết vốn đã bỏ ra, hoặc cạn vốn trước ngày đó.

Cộng ngay dữ liệu, trợ cấp, tiết kiệm của khách hàng vào doanh thu. Dữ liệu chỉ vào bảng tính khi có người mua, có quyền bán và đã trừ chi phí lưu trữ, xử lý. Trợ cấp chỉ thay đổi nguồn tài trợ, không làm biến mất chi phí nguồn lực. Tiết kiệm của khách hàng chỉ thành doanh thu ở phần hợp đồng cho phép tính vào giá.

3. Giá giảm 13%, tiền công cả năm mất hơn bốn phần năm

Chương 2 đã dựng một hóa đơn giả định cho anh thanh niên phun thuốc thuê: mỗi năm phun 1.500 hecta, giá 150.000 đồng mỗi hecta, khấu hao thiết bị 55.000 đồng mỗi hecta. Chương này dùng lại bộ giả

định ấy, quy về một chiếc máy khoảng 250 triệu đồng khấu hao trong ba năm. Các giả định ấy có thể đối chiếu với những mức giá thị trường đã được báo chí ghi nhận. Chương 13 đã cho thấy giá phun ở An Giang năm 2022 là 160.000 đồng mỗi hecta. Tới tháng 4/2026, giá phổ biến ở miền Tây chỉ còn 120.000–140.000 đồng.[83] Giá 150.000 đồng của anh vì thế đang cao hơn mặt bằng, và một đợt giảm giá có thể đến ngay mùa sau. Hộp 14.2 cho thấy mức giảm giá tưởng không lớn ấy ảnh hưởng thế nào đến thu nhập của người vận hành.

HỘP 14.2. BÀI TOÁN KINH TẾ – GIÁ GIẢM 13%, TIỀN CÔNG GIẢM HƠN BỐN PHẦN NĂM

Giả định quy từ Chương 2 (khấu hao 55.000 đồng mỗi hecta): máy 250 triệu đồng khấu hao trong ba năm, tức khoảng 83 triệu mỗi năm, bay hay không cũng phải trả. Pin, phụ tùng, công tiếp thuốc và các khoản thay đổi khác khoảng 70.000 đồng mỗi hecta. Sản lượng 1.500 ha/năm.

Ở giá 150.000 đồng/ha: mỗi hecta còn 80.000 đồng để bù khấu hao và trả công. Hòa vốn ở khoảng 1.040 ha (83 triệu chia 80.000). Ở 1.500 ha, phần dư sau hòa vốn là 460 ha nhân 80.000 đồng, khoảng 37 triệu đồng tiền công cả năm.

Ở giá 130.000 đồng/ha (giữa khoảng giá miền Tây 4/2026): mỗi hecta chỉ còn 60.000 đồng. Hòa vốn lùi ra khoảng 1.380 ha. Ở 1.500 ha, tiền công cả năm còn khoảng 7 triệu đồng.

Ở giá 120.000 đồng/ha: mỗi hecta còn 50.000 đồng, hòa vốn ở khoảng 1.660 ha, vượt sản lượng cả năm. Anh làm việc 1.500 ha và lỗ khoảng 8 triệu đồng.

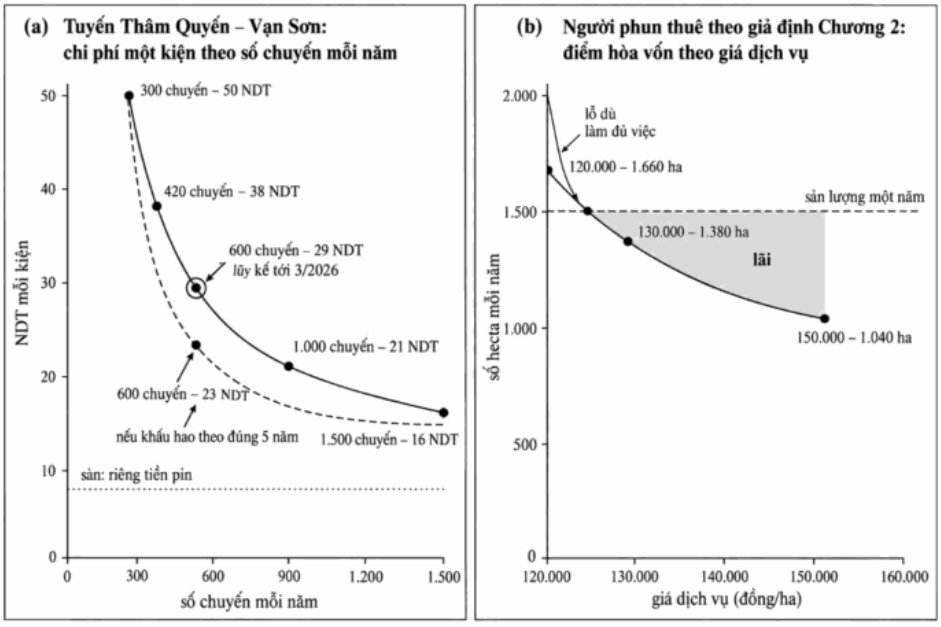
Giá giảm khoảng 13% (từ 150.000 xuống 130.000 đồng) đẩy điểm hòa vốn ra xa thêm một phần ba và xóa hơn bốn phần năm tiền công. Lý do là biên đóng góp, phần còn lại của mỗi hecta sau chi phí thay đổi, chỉ bằng khoảng một nửa giá; mọi đồng giảm giá đều cắt thẳng vào biên ấy. Hợp đồng 400 ha anh nhận ở Chương 8, với giá thấp hơn khoảng 15%, tức khoảng 127.500 đồng/ha, đã đưa riêng phần đó vào vùng giá 130.000; đổi lại, đó là 400 ha chắc chắn thuộc về anh.

Phép tính trên giả định của sách, không phải sổ sách của một đội cụ thể.

Cơ chế này không riêng gì nghề phun thuốc. Khi chi phí cố định lớn và biên đóng góp mỏng, mọi biến động nhỏ ở đầu vào đều bị phóng to ở đầu ra. Đó là lý do câu hỏi đúng không phải "hòa vốn ở bao nhiêu" mà là "điểm hòa vốn dịch chuyển bao xa khi một biến số đổi". Hình

14.1 đặt cạnh nhau hai đường cong cho thấy tác động của việc phân bổ chi phí cố định: chi phí mỗi kiện của tuyến Vạn Sơn theo số chuyến, và điểm hòa vốn của anh thanh niên theo giá.

Hòa vốn mới là câu hỏi đầu tiên. Câu hỏi thứ hai là hoàn vốn: bao giờ dòng tiền tích lũy trả hết số vốn đã bỏ ra. Câu hỏi thứ ba, hay bị quên nhất, là dòng tiền theo tháng. Người phun thuốc trả tiền pin, tiền công, tiền sửa máy ngay trong vụ, nhưng có khi phải chờ chủ ruộng thu hoạch mới thu đủ tiền. Một doanh nghiệp kiểm tra tài sản trả lương và tiền thuê trước, còn bên thuê có thể giữ lại một phần giá trị tới khi nghiệm thu cả đợt. Một hợp đồng được dự báo có hiệu quả đầu tư vẫn có thể khiến doanh nghiệp thiếu tiền để duy trì hoạt động trước khi thu hồi đủ vốn. Lịch dòng tiền theo tháng cho biết nhiều điều hơn mọi chỉ số tổng hợp.



(a) tính lại từ số liệu của 低空Future/CBNData (3/2026); (b) giả định của Chương 2, giá tham chiếu theo *Nhân Dân* (4/2026). Chỉ để minh họa cơ chế.

Hình 14.1. Hai đường cong của cùng một quy luật: chi phí cố định chia cho sản lượng

4. Mua chỉ rẻ hơn thuê khi đội bay có việc quanh năm, và thời gian chờ phép cũng là chi phí

Nếu số chuyến quyết định chi phí, thì câu hỏi mua, thuê hay thuê dịch vụ thực chất là câu hỏi bên nào có đủ khối lượng công việc để khai thác phương tiện. Tổng công ty Điện lực miền Bắc (EVNNPC) là một trường hợp cho thấy mặt thuận của việc mua, xét theo cùng khung tám bước:

Bài toán ban đầu. EVNNPC quản lý khoảng 94.131 km đường dây trung và cao áp cùng hơn 370 trạm biến áp 110 kV trên 17 tỉnh, thành phố.

Cách làm cũ. Công nhân đi tuyến, trèo cột, kiểm tra bằng mắt và thiết bị cầm tay; theo ước tính bài báo dẫn, việc kiểm tra định kỳ tốn hàng triệu giờ công mỗi năm.

Giải pháp mới. Đầu tư sớm vào UAV và tự phát triển nhiều giải pháp phân tích; tới cuối năm 2025, đơn vị dùng hơn 400 UAV chuyên dụng.

Chi phí và nguồn lực. Không được công bố.

Kết quả. Theo số liệu nội bộ được báo chí dẫn, UAV giúp giảm khoảng 45% nhân lực kiểm tra đường dây so với cách làm thủ công, và rút ngắn 50–60% thời gian kiểm tra ở các tuyến địa hình phức tạp.[82]

Điều kiện thành công. Một mạng tài sản rất lớn với lịch kiểm tra định kỳ bắt buộc, tức nhu cầu quanh năm; đội kỹ sư nội bộ đủ sức tích hợp và bảo trì.

Giới hạn. Số liệu do doanh nghiệp tự báo cáo, chưa được kiểm chứng độc lập; thiếu chi phí nên không tính được chi phí trên một ki-lô-mét được kiểm tra, khoảng trống lớn nhất của trường hợp này.

Bài học cho Việt Nam. Mua và tự vận hành thường hợp lý hơn khi đơn vị sở hữu có nhu cầu sử dụng đủ đều và dài hạn. Một mạng gần một trăm nghìn ki-lô-mét đường dây tạo đủ việc thường xuyên cho đội bay,

nên chi phí cố định được chia cho mẫu số lớn. Một doanh nghiệp dịch vụ nhỏ không có sẵn lợi thế ấy, trừ khi có hợp đồng nhiều năm giữ cho mẫu số đủ lớn.

Từ đó xác định được khi nào mua rẻ hơn thuê. Đội tự sở hữu có chi phí cố định cao và chi phí thay đổi thấp; thuê đối tác theo ki-lô-mét thì ngược lại, gần như toàn bộ là chi phí thay đổi. Vì vậy luôn có một điểm ngưỡng về tỷ lệ khai thác: dưới ngưỡng thì thuê rẻ hơn, trên ngưỡng thì mua rẻ hơn. Tỷ lệ khai thác ở đây là phần năng lực sẵn sàng thực sự làm ra kết quả được nghiệm thu. Cần phân biệt nó với mức khả dụng kỹ thuật (phương tiện đủ điều kiện để bay) và khả dụng thương mại (có người, có điều kiện bay và có việc). Máy nằm vì hỏng cần phụ tùng; máy nằm vì thiếu việc cần thêm khách hàng hoặc bớt máy. Con số trung bình cả năm còn che mất chênh lệch giữa các mùa vụ: đội bay đủ cho tháng cao điểm thì công suất dư của tháng thấp điểm vẫn phải trả tiền.

Ở Việt Nam còn một loại thời gian không tạo ra kết quả nhưng vẫn phát sinh chi phí: thời gian tuân thủ. Theo Nghị định 288/2025/NĐ-CP, hồ sơ phép bay phải nộp trước ngày bay, và thời hạn tối đa của phép phụ thuộc mục đích và khu vực bay (Hộp 13.2). Với hợp đồng kiểm tra ba năm, không thể suy số phép bay bắt buộc chỉ từ trần 30 hoặc 180 ngày; số hồ sơ phụ thuộc lịch, phạm vi và nội dung thực tế được cấp phép. Mỗi đợt chuẩn bị hồ sơ đều có giờ công và rủi ro bị dời lịch. Về bảo hiểm, Chương 19 sẽ phân biệt nghĩa vụ theo chế định hàng không (Luật Hàng không dân dụng Việt Nam 2025) với việc kiểm tra điều kiện chuyên ngành và hợp đồng của nhiệm vụ UAV cụ thể. Giờ công tuân thủ và phí bảo hiểm nếu có đều cần đưa vào dự toán; cách phân bổ chúng theo năm hoặc theo nhiệm vụ phụ thuộc hợp đồng và cách tổ chức vận hành.

Với cơ quan công, phép tính còn thêm một tầng. Về hiệu quả ngân sách, câu hỏi là khoản chi nào thực sự giảm so với phương pháp nền, tức cách làm sẽ tiếp tục nếu không có UAV; nếu đội đi tuyến vẫn giữ

nguyên để xác nhận mọi kết quả, khoản chi ấy thực ra chưa giảm. Hiệu quả kinh tế – xã hội tính thêm an toàn của người lao động, thời gian khôi phục và thiệt hại tránh được, một con số dễ bị ước tính quá mức nếu thiếu căn cứ (Chương 9). Nguyên tắc có hai vế: không lấy lợi ích xã hội để bỏ qua tình trạng kinh doanh thua lỗ của nhà cung cấp, và cũng không bỏ qua giá trị công chỉ vì nó không thành doanh thu.

Nhiều biến quyết định không tính được ở bàn giấy mà phải đo qua vận hành thật. Bảng 14.1 gom bảy biến có thể làm thay đổi kết luận, cùng số liệu phải ghi để đo chúng. Chương 15 dùng danh sách này để thiết kế phép thử.

BẢNG 14.1. Bảy biến có thể làm thay đổi kết luận, và số liệu phải ghi để đo chúng

Biến	Vì sao có thể lật ngược	Số liệu phải ghi	Ví dụ trong chương
Số chuyến, số kết quả mỗi năm	Chia chi phí cố định; quyết định chi phí đơn vị	Lịch nhu cầu theo tháng, không theo trung bình năm	Vạn Sơn: 600 → 1.000 chuyến, 29 → 21 NDT/kiện
Tỷ lệ khai thác	Quyết định ngưỡng mua – thuê	Giờ làm ra đầu ra so với giờ khả dụng; lý do máy nằm	EVNNPC: mạng 94.131 km giữ đội bay có việc
Tỷ lệ hủy, chờ phép	Tăng chi phí mà không tăng doanh thu	Số lần hủy, nguyên nhân: thời tiết, phép bay, khách hàng, kỹ thuật	Số hồ sơ theo phạm vi và lịch thực tế
Tỷ lệ bay lại, làm lại	Tử số tăng, mẫu số đứng yên	Lỗi theo công đoạn, theo tuyến, theo bên thực hiện	Ảnh chụp lúc bề mặt còn ướt
Giá và biên đóng góp	Biên mỏng phóng to mọi biến động	Chi phí thay đổi trên một đơn vị nghiệm thu	Giá giảm khoảng 13%, tiền công giảm hơn bốn phần năm
Chi phí cố định khai báo	Một dòng sai làm lệch chi phí đơn vị 20–30%	Khấu hao theo đúng thời hạn; khoản nào được gộp	Vạn Sơn: 570.000 hay 147.000–294.000 NDT
Lịch thanh toán	Có thể thiếu tiền trước khi hoàn vốn	Ngày chi, nghiệm thu, xuất hóa đơn và thu tiền	Chờ thu hoạch mới thu đủ tiền phun

Nguồn: Khung tổng hợp của các tác giả; ví dụ theo các trường hợp trong chương.

KẾT CHƯƠNG

Trở lại doanh nghiệp kiểm tra tài sản. Giám đốc tài chính được giao điền ba con số còn trống trong cấu trúc đã chào ở Chương 13.

Con số thứ nhất tính được ở bàn giấy. Chi phí cố định của đội nền gồm khấu hao hai bộ UAV kiểm tra 450 triệu đồng mỗi bộ trong ba năm (300 triệu mỗi năm), ba người bay và kỹ thuật (900 triệu), bảo hiểm, bảo dưỡng, phần mềm (200 triệu) và giờ công lập, theo dõi hồ sơ phép bay (40 triệu). Tổng 1,44 tỷ đồng, tức 120 triệu mỗi tháng. Bà đặt phí sẵn sàng đúng bằng chi phí cố định ấy: cao hơn thì phải có căn cứ cho phần chênh, thấp hơn thì công ty phải bù từ doanh thu theo khối lượng. Đội nền chỉ bay tuyến đồng bằng; khoảng 500 km tuyến xa mỗi năm được giao cho một đối tác trả theo ki-lô-mét đạt chuẩn, vì một đội tự vận hành riêng cho tuyến xa được giả định tốn 850 triệu đồng chi phí cố định mỗi năm và 0,77 triệu đồng cho mỗi ki-lô-mét đạt chuẩn. So với mức thuê đối tác 0,9 triệu đồng/km, phương án tự vận hành chỉ bắt đầu rẻ hơn khi vượt khoảng 6.500 km/năm. Với bên thuê, hợp đồng vẫn trọn gói và công ty vẫn chịu trách nhiệm nếu đối tác bỏ tuyến.

Hai con số còn lại thì không tính được. Với giá 1,2 triệu đồng một ki-lô-mét đạt chuẩn và chi phí thay đổi 0,6 triệu cho mỗi ki-lô-mét bay ở đồng bằng, chi phí trên một ki-lô-mét được nghiệm thu là 0,66 triệu nếu phải bay lại 10% khối lượng được nghiệm thu, nhưng 0,78 triệu nếu tỷ lệ ấy là 30%. Để bù 600 triệu đồng chi phí chung của công ty phân bổ cho hợp đồng mỗi năm (quản lý, kinh doanh, văn phòng), khoản mà phí sẵn sàng không gánh, công ty cần khoảng 1.110 km đạt chuẩn mỗi năm ở kịch bản đầu và khoảng 1.430 km ở kịch bản sau, chưa tính phần chênh công ty giữ lại ở tuyến xa. Ở tuyến xa, đối tác nhận 0,9 triệu đồng một ki-lô-mét đạt chuẩn và tự chịu phần bay lại. Nhưng với chi phí bay đường xa 0,7 triệu mỗi ki-lô-mét, biên của đối tác về không khi tỷ lệ bay lại chạm khoảng 29%, mức có thể xảy ra ở đoạn vượt sông trong

mùa mưa. Khi ấy đối tác sẽ bỏ tuyến hoặc giảm bớt chất lượng, như anh thanh niên ở mức giá 120.000 đồng, và rủi ro quay về công ty. Bảng tính không cho biết kịch bản nào sẽ xảy ra; phải đo trong vận hành thật mới biết.

Bà đề nghị giữ cấu trúc nhưng chưa chốt mức giá áp dụng cho cả ba năm, bắt đầu bằng một mùa kiểm tra có trả phí, kèm điều khoản rà soát giá theo tỷ lệ bay lại và tỷ lệ nghiệm thu đo được. Bên thuê trả lời rằng trước hết họ muốn xem công ty bay thử trên đoạn vượt sông, đoạn khó nhất của mạng. Trưởng nhóm kỹ thuật mừng ra mặt. Giám đốc tài chính thì biết một buổi bay thử thành công mới là một lần quan sát, còn điều bà cần là tỷ lệ bay lại của cả một mùa.

Số liệu trong phần kết chương là giả định minh họa của tác giả.

CHƯƠNG 15. TỪ THỬ NGHIỆM ĐẾN HỢP ĐỒNG THƯƠNG MẠI

Quyết định 1291/QĐ-UBND ngày 23/6/2026 của Ủy ban nhân dân tỉnh Điện Biên cho phép thử nghiệm có kiểm soát đến ngày 31/5/2027 các sản phẩm, dịch vụ trong bốn lĩnh vực: nông nghiệp, logistics, y tế và đo đạc bản đồ số. Tổng công ty Bưu điện Việt Nam chủ trì vận hành, FPT và các nhà sản xuất hỗ trợ thiết bị và phần mềm điều khiển. Chương trình đặt mục tiêu thực hiện khoảng 6.000 chuyến bay và phấn đấu đạt tỷ lệ chuyến bay an toàn trên 99%. Mọi hoạt động bay trong phạm vi thử nghiệm vẫn phải được đăng ký, thẩm định và chấp thuận theo quy định hiện hành; phương án cấp phép bay theo từng tháng được nêu trong kế hoạch, không phải một cơ chế miễn thủ tục theo pháp luật hiện hành.[11] Theo kế hoạch, các hoạt động được chia theo các đợt phù hợp mùa vụ, kết thúc bằng tuyến vận chuyển thuốc và mẫu xét nghiệm từ Trung tâm Y tế Mường Ảng tới trạm y tế xã Nà Tấu và ba điểm y tế; từ tháng 7/2027, tỉnh dự kiến chuyển sang giai đoạn mở rộng.[11]

Nếu các mục tiêu đạt và dữ liệu được lưu giữ đầy đủ, đến mùa hè năm 2027 tỉnh sẽ có một bộ hồ sơ thực tiễn đáng chú ý: hàng nghìn chuyến bay có nhật ký, một cơ sở dữ liệu bay, bản đồ số và kinh nghiệm phối hợp giữa chính quyền, quốc phòng, bưu điện và doanh nghiệp công nghệ. Nhưng ngay sau đó là những câu hỏi mà bộ hồ sơ ấy chưa chắc trả lời được. Tỉnh có nên đặt hàng dịch vụ vận chuyển y tế bằng UAV thường xuyên không, với giá nào và cho những tuyến nào? Bưu điện có ký được một hợp đồng nhiều năm với mức dịch vụ cam kết không? Một tỉnh khác có thể dùng kết quả của Điện Biên đến đâu?

Chỉ tiêu "trên 99% chuyến bay an toàn" cho thấy khoảng cách giữa hai loại câu hỏi. Với 6.000 chuyến, về số học chỉ tiêu ấy vẫn đạt khi có tới 59 chuyến không được xếp vào nhóm "an toàn"; con số này không đồng nghĩa 59 vụ tai nạn, cũng không phải chuẩn an toàn mà pháp luật hay bên mua mặc nhiên chấp nhận. Quan trọng hơn, an toàn chỉ là một trong năm lớp bằng chứng mà người mua cần (mục 1). Mục tiêu giảm 20–30% thời gian hoặc chi phí so với phương thức truyền thống, nêu khi công bố chương trình, chỉ kiểm chứng được khi đường cơ sở của cách làm cũ đã được đo trước, theo cùng cách đo (Chương 18).[85] Mọi chương trình thử nghiệm đều phải trả lời: thử để phục vụ quyết định nào ở cuối?

Doanh nghiệp kiểm tra tài sản mà Phần IV đang theo dõi đứng trước cùng câu hỏi ở quy mô nhỏ hơn. Chương 14 khép lại khi công ty truyền tải điện đề nghị một buổi bay thử trên đoạn vượt sông, trong khi hai con số quyết định giá hợp đồng là tỷ lệ bay lại và số ki-lô-mét hòa vốn chỉ có thể đo được qua một mùa vận hành thật.

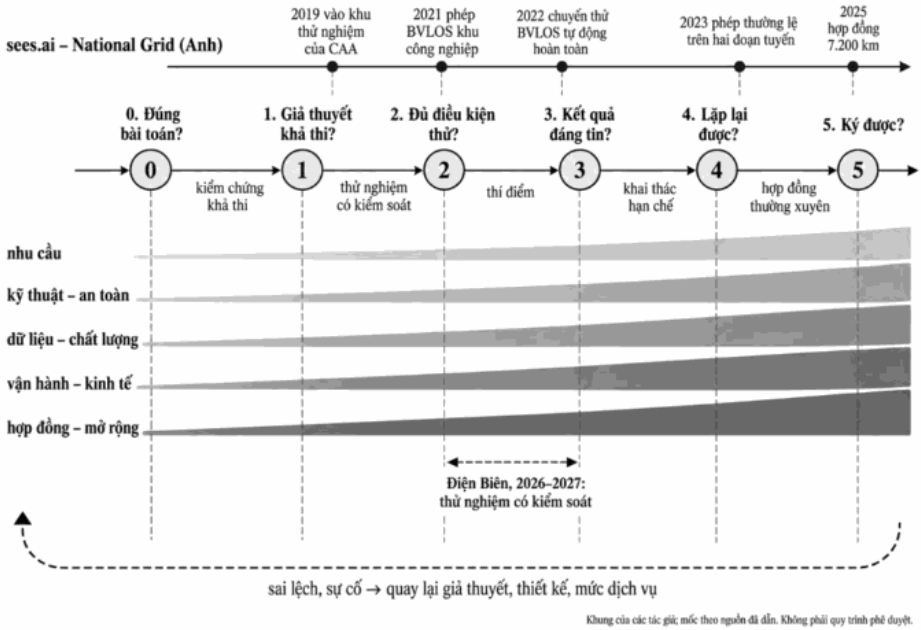
Chương này hỏi: *sau một chuyến bay thử thành công, doanh nghiệp và bên mua còn phải chứng minh những gì, theo thứ tự nào và trước ai, để có thể* ký *hợp đồng cung cấp dịch vụ thường xuyên* và mở rộng hoạt động một cách bền vững?

1. Một chuyến bay trình diễn thành công chứng minh một khả năng; một hợp đồng đòi sáu lần chứng minh khác nhau

Một buổi trình diễn chỉ trả lời câu hỏi "có làm được không" trong điều kiện được chuẩn bị trước. Người mua dịch vụ thường xuyên cần nhiều câu trả lời hơn; cuốn sách xếp chúng thành sáu cổng quyết định, đánh số từ 0 đến 5: đã xác định đúng bài toán chưa; giả thuyết cốt lõi khả thi chưa; đủ điều kiện thử ngoài hiện trường chưa; kết quả đủ tin để thí điểm với người dùng thật chưa; dịch vụ lặp lại và nghiệm thu được chưa; và có thể ký hợp đồng thường xuyên chưa. Lộ trình đi qua sáu giai đoạn: trình diễn, kiểm chứng khả thi (PoC), thử nghiệm có kiểm soát, thí điểm, khai thác hạn chế và hợp đồng thường xuyên; cổng 0 là bước đánh giá trước khi bắt đầu các giai đoạn.

Ở cả sáu cổng đều phải xét năm lớp bằng chứng: bài toán và nhu cầu; kỹ thuật và an toàn; dữ liệu và chất lượng; vận hành và kinh tế; hợp đồng và mở rộng. Một phép kiểm chứng khả thi không cần đủ cả năm lớp; một thí điểm cần nhiều hơn; một hợp đồng thường xuyên cần có đủ cả năm lớp bằng chứng cho phạm vi được ký kết. Thành công ở lớp kỹ thuật không bù được khoảng trống ở lớp dữ liệu, vận hành hay hợp đồng. Sau mỗi lần đánh giá có thể có năm hướng xử lý: đi tiếp, lặp lại, điều chỉnh, thu hẹp hoặc dừng (Chương 18). Sáu cổng là khung ra quyết định của các tác giả, không phải sáu loại giấy phép, và qua một cổng không có nghĩa là tự động được sang cổng sau.

Hình 15.1 đặt khung ấy cạnh hành trình của sees.ai ở Anh và vị trí hiện nay của chương trình Điện Biên.



Hình 15.1. Sáu cổng, năm lớp bằng chứng, và hai hành trình có thật

2. Sáu năm từ khu thử nghiệm tới triển khai toàn mạng: mỗi bước chỉ chứng minh cho đúng phạm vi đã thử

Lưới truyền tải điện của Anh và xứ Wales do National Grid quản lý có khoảng 7.200 km đường dây trên không, 22.000 cột và 300 trạm biến áp.[104] Cách kiểm tra truyền thống dựa vào đội đi tuyến, trèo cột và trực thăng, vừa tốn kém vừa đưa người lao động vào vùng nguy hiểm gần đường dây mang điện. Bài toán là bài toán của chính doanh nghiệp kiểm tra tài sản trong Phần IV, ở quy mô một quốc gia.

Sees.ai, một công ty khởi nghiệp của Anh, tham gia chương trình thử nghiệm có kiểm soát của Cơ quan Hàng không Dân dụng Anh từ năm 2019. Tháng 4/2021, công ty nhận phép bay ngoài tầm nhìn trực quan (BVLOS) tại một số khu công nghiệp được xác định cụ thể. Từ giữa năm 2021, công ty cùng National Grid và Keen AI, đơn vị phân tích dữ liệu của lưới điện, thử nghiệm trên đường dây đang mang điện trong chương trình Future Flight Challenge do Chính phủ Anh tài trợ.

Tháng 6/2023, sees.ai trở thành doanh nghiệp đầu tiên ở Anh *được cơ quan hàng không Anh cho phép bay thường lệ ngoài tầm nhìn trực quan* trong vùng trời không cách ly trên lưới truyền tải. Phép ấy chỉ áp cho hai đoạn tuyến cụ thể, và chính thông cáo gọi đó là "một bước tạm thời" trước khi mở rộng ra hạ tầng trọng yếu của lưới.[105] Năm 2024, cơ chế quản lý và các bước kiểm chứng tiếp tục được hoàn thiện để chuẩn bị triển khai ở phạm vi rộng hơn. Tháng 9/2025, National Grid công bố triển khai trên toàn mạng việc kiểm tra bằng UAV tự hành, điều khiển từ trung tâm, dùng hệ thống của sees.ai, và gọi đó là bước chuyển từ nghiên cứu sang vận hành thường xuyên.[104] Một tháng sau, công ty huy động thêm 3,65 triệu bảng Anh và tăng nhân sự từ 25 lên hơn 35 người.[145] Giá trị hợp đồng và chi phí của cả hành trình không được công bố.

Hành trình ấy cho thấy ba điều mà một buổi trình diễn không chứng minh được. Thứ nhất, bằng chứng được tích lũy qua từng phạm vi triển khai: khu công nghiệp khép kín, rồi hai đoạn tuyến, rồi toàn mạng; mỗi đợt thử chỉ tạo bằng chứng cho điều kiện đã thử, và bước kế tiếp phải chứng minh lại ở phạm vi rộng hơn. Thứ hai, bằng chứng an toàn cho cơ quan hàng không và bằng chứng giá trị cho người mua đi song song nhưng không thay thế nhau. Phép bay thường lệ năm 2023 chưa phải quyết định mua; hai năm sau National Grid mới công bố triển khai trên toàn mạng. Thứ ba, chuỗi giá trị của dịch vụ có hai doanh nghiệp: một bên bay, một bên phân tích dữ liệu. Ở lớp dữ liệu, phải chứng minh được cả khâu chuyển giao giữa hai bên, không chỉ chất lượng ảnh. Điều đáng học không phải con số sáu năm, vì điều kiện mỗi nước khác nhau, mà là trình tự: mở rộng phạm vi từng nấc, và ở mỗi nấc biết rõ mình đang chứng minh điều gì, cho ai.

Ở Việt Nam, khung thử nghiệm tương tự có cơ sở trong Luật Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo năm 2025 (Hộp 15.1) và, với sản phẩm, dịch vụ công nghệ số, trong Nghị định 353/2025/NĐ-CP (Chương 16).

HỘP 15.1. HIỂU ĐÚNG – THỬ NGHIỆM CÓ KIỂM SOÁT

Luật Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo số 93/2025/QH15 định nghĩa thử nghiệm có kiểm soát là việc cơ quan nhà nước có thẩm quyền cho phép tổ chức, doanh nghiệp thử nghiệm công nghệ, quy trình, giải pháp, sản phẩm, dịch vụ hoặc mô hình kinh doanh mới mà pháp luật chưa có quy định hoặc khác với quy định hiện hành, trong phạm vi, thời gian và không gian giới hạn. Thời hạn thử do tổ chức đề xuất nhưng không quá 03 năm, có thể gia hạn 01 lần không quá 03 năm (Điều 21, khoản 4). Khi kết thúc, việc thử nghiệm phải được tổng kết để cơ quan có thẩm quyền quyết định tiếp tục hoặc ban hành quy định (Điều 21, khoản 5). Kết quả thử nghiệm không tự tạo ra hợp đồng thường xuyên. Điều 22 chỉ cho phép miễn, loại trừ trách nhiệm khi đủ các điều kiện luật định; với tổ chức, doanh nghiệp được cấp phép thử nghiệm, phần miễn trách nhiệm dân sự theo khoản 2 không bao gồm thiệt hại cho tổ chức, cá nhân khác. Thử nghiệm có kiểm soát cũng không tự tạo quyền bay: ở Điện Biên, mọi chuyến bay vẫn phải được thẩm định và chấp thuận. Chương 16 bàn cách địa phương tổ chức phép thử; Chương 18 bàn đo lường kết quả.

3. Kết quả không đạt cũng là bằng chứng, nếu câu hỏi được đặt đúng và số lần thử đủ để kết luận

Tháng 12/2013, tập đoàn chuyển phát DHL cho một chiếc UAV mang gói hàng nhỏ bay một ki-lô-mét qua sông Rhine. Trong tám năm sau đó, chương trình Parcelcopter qua nhiều thế hệ máy, trong đó có nguyên mẫu phục vụ giao hàng tiêu dùng năm 2018 và một dự án cùng GIZ và Wingcopter đưa thuốc tới vùng hẻo lánh ở Đông Phi. Năm 2021, DHL dừng chương trình và tuyên bố không tự chế tạo UAV nữa. Một lãnh đạo tập đoàn gọi Parcelcopter là một phép kiểm chứng khả thi "ấn tượng, dù tốn kém", đồng thời phê phán sự thổi phồng của ngành. DHL chuyển trọng tâm sang chặng giữa: hợp tác với Dronamics cho các tuyến liên thành phố và đặt mua 12 máy bay điện Eviation Alice cho mạng trung chuyển ở Mỹ.[117]

Nhìn theo sáu cổng, Parcelcopter không chỉ là một thất bại. Nó là một chuỗi phép kiểm chứng khả thi trả lời được câu hỏi đáng giá nhất với DHL: giao hàng chặng cuối bằng UAV có trở thành dịch vụ có lãi trong mạng của họ không. Câu trả lời ở thời điểm ấy là chưa đủ căn cứ

kinh tế để đi tiếp, và câu trả lời ấy giúp tập đoàn đổi hướng đầu tư trước khi bỏ vốn vào một đội bay. Kết quả không đạt chỉ có giá trị như vậy khi câu hỏi được đặt trước và đủ hẹp để có thể bị bác bỏ. Một phép thử cùng lúc thử máy, cảm biến, thuật toán và quy trình bàn giao, khi không đạt, sẽ không cho biết giả định nào sai.

Vì vậy, kết quả kiểm tra mỗi giả thuyết hay tiêu chí phải được xếp vào một trong ba trạng thái. *Đạt* là dữ liệu hợp lệ và tiêu chí được đáp ứng trong phạm vi đã thử. *Không đạt* là tiêu chí không được đáp ứng hoặc giả thuyết bị bác bỏ. *Chưa kết luận* là khi số lần thử, điều kiện kiểm tra hoặc chất lượng dữ liệu chưa đủ để phân định, và đó chưa phải là thất bại. Mỗi kết luận cũng phải ghi rõ giới hạn áp dụng: đã thử cấu hình nào, trong điều kiện nào, ai xác nhận và điều chưa được chứng minh. Con số nào không truy được về dữ liệu gốc, cấu hình và người rà soát thì khó dùng làm căn cứ khi có tranh chấp nghiệm thu (Chương 5).

Ranh giới giữa "đạt" và "chưa kết luận" phụ thuộc vào số lần thử và cách chọn mẫu. Thống kê y học có một quy tắc đơn giản, thường gọi là quy tắc ba: nếu một sự kiện không xảy ra lần nào trong n lần thử độc lập với giả định mỗi lần thử có cùng xác suất xảy ra sự kiện, thì với độ tin cậy 95%, tỷ lệ thật của sự kiện ấy vẫn có thể lên tới khoảng 3/n.[124] Ví dụ, nếu cả 6.000 chuyến bay ở Điện Biên đều không ghi nhận sự cố theo cùng một định nghĩa, giới hạn trên ước lượng của tỷ lệ sự cố vẫn vào khoảng 1 trên 2.000 chuyến; muốn khẳng định thấp hơn 1 trên 10.000 thì cần khoảng 30.000 chuyến không sự cố. Áp vào dịch vụ kiểm tra đường dây, nếu kỹ sư của bên mua đối chứng độc lập 60 khiếm khuyết thật theo cách lấy mẫu phù hợp và hệ thống phát hiện đủ cả 60, thì giới hạn trên ước lượng tỷ lệ bỏ sót vào khoảng 5%. Để đưa giới hạn trên xuống khoảng 2%, cần đối chứng cỡ 150 khiếm khuyết thật mà không bỏ sót trường hợp nào. Số lần đối chứng thực địa (Chương 5) vì thế phải được tính từ mức chấp nhận của bên mua ngay khi thiết kế thí điểm, không để đến khi soạn hợp đồng mới đếm. Mọi kết luận như vậy chỉ có giá trị trong điều kiện, giả định thống kê và cách lấy mẫu đã dùng.

4. Thí điểm là mua bằng chứng; hợp đồng thường xuyên là mua cam kết thực hiện

Ở cổng 4, câu hỏi là chuỗi dịch vụ có lặp lại được mà không cần những điều kiện đặc biệt của giai đoạn thử không. Cách kiểm tra đơn giản và nghiêm ngặt nhất là giao cho một đội không thuộc dự án làm lại trên một đoạn tuyến khác, vào đợt thời tiết bất lợi nhưng vẫn trong giới hạn khai thác an toàn và phép bay, rồi xem đầu ra có còn đạt chuẩn, đúng hạn không. Khi một mắt xích còn dựa vào sự hỗ trợ không chính thức của một kỹ sư giỏi, dịch vụ chưa lặp lại được. Cách nghiệm thu và cách xử lý ngoại lệ, như tuyến không bay được hay đầu ra bị từ chối, cũng phải được thử ngay trong thí điểm.

Khác biệt giữa thí điểm và hợp đồng thường xuyên không nằm ở quy mô mà ở thứ được mua (Hộp 15.2), và chỗ nhầm phổ biến nhất là coi cam kết sơ bộ như hợp đồng. Volant, hãng eVTOL của Trung Quốc, công bố hơn 1.900 đơn hàng trong nước cho mẫu VE25-100 và một đơn hàng tạm 500 chiếc trị giá 1,75 tỷ USD từ Thái Lan, trong khi chuyến bay có người lái, không dây buộc đầu tiên của mẫu thử mới diễn ra tháng 9/2025 và chứng nhận loại dự kiến hoàn tất năm 2027.[103] Đó là sự quan tâm và cam kết mua ở nhiều mức độ khác nhau, chưa phải doanh thu, cũng chưa chứng minh phương tiện đủ điều kiện khai thác thương mại.

HỘP 15.2. GÓC NHÌN DOANH NGHIỆP – THÍ ĐIỂM LÀ MUA BẰNG CHỨNG, HỢP ĐỒNG THƯỜNG XUYÊN LÀ MUA CAM KẾT THỰC HIỆN

Một hợp đồng thí điểm, kể cả khi có trả phí, mua bằng chứng: bên mua trả tiền để biết dịch vụ có làm được điều cần làm không, và chấp nhận rằng câu trả lời có thể là không. Một hợp đồng thường xuyên mua đầu ra, mức dịch vụ và năng lực sẵn sàng lặp lại; vì thế nó đòi cách đo, cách nghiệm thu và cách xử lý khi nghĩa vụ không được thực hiện. Đừng biến ngay kết quả tốt của thí điểm thành những nghĩa vụ chưa được đo. Mỗi điều khoản của hợp đồng thường xuyên nên truy được về một số liệu của thí điểm: mức dịch vụ dựa trên dữ liệu có cả ngày bất lợi trong giới hạn khai thác được phép, không lấy từ ngày thuận lợi nhất; tiêu chí nghiệm

thu đặt đúng cấp đã đo được; chỉ giao trách nhiệm ở những khâu đã chứng minh được là kiểm soát được. Điều khoản nào chưa có số liệu thì nên để lại cho một giai đoạn khai thác hạn chế, với phạm vi và giá riêng, thay vì ký luôn.

Cơ quan mua dịch vụ bằng ngân sách nhà nước nhìn cùng ranh giới ấy từ phía mình. Chương 13 đã bàn nên mua kết quả gì và chốt điều khoản nào; ở cổng 5, trước khi chuyển một thí điểm thành dịch vụ thường xuyên dùng ngân sách, cơ quan nên kiểm tra bốn điều. Một là đường cơ sở của cách làm hiện tại đã được đo, để biết khoản chi nào thực sự giảm. Hai là kết quả thí điểm đã được một bên độc lập với nhà cung cấp xác nhận, trên số lần thử đủ để kết luận. Ba là phạm vi của bằng chứng khớp với phạm vi sẽ mua: kết quả mùa khô không chứng minh được mùa mưa, kết quả tuyến này không chứng minh được tuyến khác. Bốn là đã có phương án khi nhà cung cấp không đạt mức dịch vụ hoặc rút lui. Bảng 15.1 tóm tắt điều mỗi giai đoạn chứng minh được và điều nó chưa chứng minh.

BẢNG 15.1. Mỗi giai đoạn chứng minh và chưa chứng minh được gì

Giai đoạn	Câu hỏi phải trả lời	Bằng chứng chính	Ai chấp nhận	Chưa chứng minh được	Ví dụ trong chương
Trình diễn	Làm được trong điều kiện chuẩn bị trước không?	Một nhiệm vụ hoàn thành, quan sát được	Khách hàng tiềm năng	Lặp lại, chất lượng, chi phí	Chuyến bay qua sông Rhine 2013
Kiểm chứng khả thi (cổng 1)	Giả thuyết cốt lõi đúng không?	Kết quả trên phạm vi hẹp, có đối chứng	Đội kỹ thuật, chuyên gia	Hoạt động ngoài hiện trường	Parcelcopter 2013–2021
Thử nghiệm có kiểm soát (cổng 2–3)	Kết quả có đáng tin trong điều kiện thật không?	Dữ liệu truy xuất được; đạt, không đạt, chưa kết luận	Người chịu trách nhiệm an toàn, chuyên gia ngành	Dịch vụ với người dùng thật	Điện Biên 2026–2027
Thí điểm (cổng 3–4)	Chuỗi dịch vụ chạy được với	Mức dịch vụ đo được; tỷ lệ nghiệm	Người dùng, người	Lặp lại khi đội khác làm	sees.ai – National Grid 2021–2022

Giai đoạn	Câu hỏi phải trả lời	Bằng chứng chính	Ai chấp nhận	Chưa chứng minh được	Ví dụ trong chương
	người dùng thật không?	thu; ngoại lệ	nghiệm thu		
Khai thác hạn chế (cổng 4)	Lặp lại được mà không cần nỗ lực đặc biệt không?	Một mùa vận hành; đội khác tái lập	Người nghiệm thu	Địa bàn, khách hàng khác	Phép thường lệ trên hai đoạn tuyến, 2023
Hợp đồng thường xuyên (cổng 5)	Có ký được những nghĩa vụ đo và nghiệm thu được không?	Đủ năm lớp bằng chứng cho phạm vi ký	Người ký hợp đồng	Thị trường rộng hơn	Triển khai toàn mạng 7.200 km, 2025

Nguồn: khung tổng hợp của các tác giả

5. Chuẩn hóa trước, mở rộng sau: một hợp đồng chưa phải một thị trường

Mở rộng là chứng minh hệ thống vẫn an toàn, hiệu quả và có người chịu trách nhiệm khi các giả định ban đầu thay đổi. Vì thế phải chuẩn hóa trước: biến kinh nghiệm của giai đoạn thử thành cấu hình có quản lý phiên bản, quy trình, biểu mẫu, vai trò và tiêu chí thống nhất, để một đội mới ở địa bàn mới làm ra cùng một đầu ra. Quá trình của Meituan ở Trung Quốc cho thấy bước này dài thế nào: chương trình UAV của hãng bắt đầu năm 2017; tới cuối năm 2024, hãng đã thực hiện hơn 450.000 lần giao hàng thương mại trên 53 tuyến ở Thâm Quyến, Bắc Kinh, Thượng Hải và Nam Kinh. Phải tới tháng 4/2025, sau khi Cục Hàng không Dân dụng Trung Quốc thẩm định thế hệ máy thứ tư, Meituan mới nhận chứng chỉ khai thác logistics tầm thấp có hiệu lực toàn quốc đầu tiên.[144] Phương châm "thử trước, bước nhỏ, chạy nhanh" thường được nhắc ở Trung Quốc vì thế nghĩa là chạy nhiều phép thử nhỏ liên tiếp, không phải bỏ qua chuẩn hóa.

Mở rộng kỹ thuật cũng khác mở rộng thương mại. Hệ thống làm được nhiều nhiệm vụ hơn chưa có nghĩa là có thêm khách hàng, và nhu cầu của một khách hàng chưa chứng minh nhu cầu của thị trường. Mỗi địa bàn mới có đường cơ sở, địa hình, quy trình và mức chấp nhận riêng. Vì thế kết quả của Điện Biên, dù tốt đến đâu, cần được ghi rõ phạm vi hiệu lực trước khi địa phương khác quyết định áp dụng: đã thử ở loại địa hình nào, mùa nào, với nhà vận hành nào, cho đầu ra nào.

Dừng cũng có nhiều loại, và mỗi loại đòi một phản ứng khác. Dừng vì mô hình kinh tế không đứng vững là vấn đề của giá, phạm vi hay cấu trúc giao dịch, và có thể quay lại khi những yếu tố ấy thay đổi, như DHL đã chuyển từ chặng cuối sang chặng giữa. Dừng vì rủi ro an toàn không chấp nhận được là vấn đề của thiết kế và không được thương lượng bằng giá.

KẾT CHƯƠNG

Doanh nghiệp kiểm tra tài sản của Phần IV không có sáu năm như sees.ai, nhưng có thể đi đúng trình tự. Thay vì nhận lời bay thử một buổi trên đoạn vượt sông, công ty đề xuất với công ty truyền tải điện một mùa thí điểm có trả phí trên hai loại tuyến: tuyến đồng bằng do đội vận hành của công ty thực hiện và tuyến xa do đối tác bay, cả hai được kiểm tra theo cùng một quy trình rà soát dữ liệu, trong phạm vi các phép bay được chấp thuận. Hai bên thống nhất trước ba điều. Kỹ sư của bên thuê sẽ tổ chức đối chứng độc lập với mục tiêu kiểm tra ít nhất 150 khiếm khuyết thật được lựa chọn theo phương pháp phù hợp; nếu không bỏ sót trường hợp nào, kết quả có thể hỗ trợ ước lượng giới hạn trên của tỷ lệ bỏ sót vào khoảng 2% trong phạm vi điều kiện đã đối chứng. Trong tháng mưa, một đội thứ hai sẽ tự làm lại một đoạn tuyến. Mọi chuyến hủy, chờ phép và bay lại sẽ được ghi theo nguyên nhân, để có đầu vào cho các biến của Bảng 14.1.

Cuối mùa, các tuyến đồng bằng đạt các ngưỡng hai bên đã thống nhất. Tỷ lệ bay lại đo được cho phép tính lại số ki-lô-mét hòa vốn, và công ty truyền tải điện ký hợp đồng ba năm cho phạm vi ấy theo cấu

trúc đã chào ở Chương 13. Với các tuyến xa, kết quả lại khác: tỷ lệ bay lại của đối tác cao, và với số chuyến đã có, chưa thể nói nguyên nhân nằm ở thời tiết, ở đoạn vượt sông hay ở tay nghề. Vì vậy các tuyến xa được giữ thêm một mùa khai thác hạn chế với giá riêng. Khi gửi bộ hồ sơ cho một tỉnh lân cận, công ty ghi ngay đầu thư phạm vi hiệu lực của nó: những tuyến đã thử, ở tỉnh này, với khách hàng này. Người nhận ở tỉnh bên không chỉ mua một dịch vụ; họ phải chọn trong nhiều đề xuất đến cùng lúc xem bài toán nào đáng để cả địa phương bắt đầu. Phần V chuyển sang góc nhìn của địa phương khi lựa chọn nhiệm vụ và cách tổ chức thực hiện.

Tình huống tổng hợp của các tác giả; kết quả đo và diễn biến cuối mùa là giả định minh họa.

PHẦN V
CẨM NANG DÀNH CHO LÃNH ĐẠO VÀ CƠ QUAN QUẢN LÝ TẠI ĐỊA PHƯƠNG

CHƯƠNG 16. ĐỊA PHƯƠNG NÊN BẮT ĐẦU TỪ ĐÂU?

Một buổi sáng giữa tháng 10, ở phòng họp của Ủy ban nhân dân (UBND) một tỉnh trung du và miền núi phía Bắc, Phó Chủ tịch phụ trách khoa học và công nghệ có trước mặt một tập hồ sơ dày. Bên trên là Kết luận 99-KL/TW của Bộ Chính trị vừa được ban hành, Nghị định 353/2025/NĐ-CP về thử nghiệm có kiểm soát sản phẩm, dịch vụ công nghệ số cùng tập bài báo về chương trình thử nghiệm của tỉnh Điện Biên. Từ khi Điện Biên được cấp phép thử nghiệm, tỉnh đã ghi nhận chín đề xuất trong nội bộ: chở hàng thiết yếu lên các xã vùng cao "như Điện Biên", thuê UAV phun thuốc cho một hợp tác xã chè, bay tuần tra phát hiện cháy rừng, xây một trung tâm quản lý bay riêng của tỉnh, dựng nhà xưởng lắp ráp UAV, trình diễn ánh sáng cho lễ hội, mở lớp đào tạo người điều khiển bay, chở thuốc cùng mẫu xét nghiệm lên các trạm y tế xã. Đề xuất thứ chín là lá thư của doanh nghiệp kiểm tra tài sản trong Phần IV, kèm bộ hồ sơ một mùa thí điểm đã triển khai ở tỉnh bên.

Kinh phí sự nghiệp khoa học còn lại của năm chỉ đủ cho một, cùng lắm hai việc. Sở Khoa học và Công nghệ có ba người hiểu lĩnh vực này, chưa ai từng soạn hồ sơ cấp phép thử nghiệm. Hậu quả của việc lựa chọn sai cũng khá rõ: một thiết bị mua về mà không có bài toán sẽ nằm trong kho, và khi quyết toán sẽ phải giải trình về nó.

Tỉnh này không đơn độc. Cuối tháng 7/2026, Bộ Khoa học và Công nghệ cho biết gần mười địa phương muốn áp dụng mô hình của Điện Biên.[9] Báo chí cùng năm ghi nhận nhiều cách khởi động: Hà Nội

dự thảo cơ chế thử nghiệm cho UAV, Thành phố Hồ Chí Minh ban hành kế hoạch đến năm 2030, Cần Thơ xây dựng kế hoạch tương tự, Tây Ninh xây dựng chiến lược hệ sinh thái UAV, Đà Nẵng công bố bốn khu vực vùng trời phục vụ thử nghiệm.[76, 78, 79, 87, 93] Ngày 28/9/2026, Kết luận 99-KL/TW của Bộ Chính trị yêu cầu cấp ủy các tỉnh, thành phố lồng ghép nội dung khai thác, quản trị và bảo vệ không gian tầm thấp vào quy hoạch, kế hoạch phát triển kinh tế – xã hội và chủ động chọn nhiệm vụ giải bài toán thực tiễn của địa phương.[2] Câu hỏi của phòng họp ấy cũng đang đặt ra ở nhiều địa phương.

Chương này hỏi: giữa nhiều đề xuất cùng đến một lúc, tỉnh nên chọn việc gì để thử trước, tổ chức phép thử bằng bộ máy và văn bản nào, và ngay từ đầu phải ghi sẵn điều gì để sau này dừng hay mở rộng có căn cứ?

Địa phương không nên bắt đầu phát triển kinh tế tầm thấp bằng việc mua phương tiện, xây hạ tầng, dựng một nền tảng quản lý bay hay lập một danh mục dài các ứng dụng. Điểm bắt đầu hợp lý hơn là chỉ rõ một bài toán hội đủ bốn yếu tố: có người sở hữu thật, có người sử dụng kết quả thật, có đường cơ sở để so sánh và có kết quả cần đạt kiểm chứng được. Từ bài toán đó mới dựng hệ thống tối thiểu đủ để thử nghiệm, chốt các điều kiện cần thiết, xác định trước bằng chứng phải thu thập, rồi tổ chức thử nghiệm như một quá trình học hỏi có kế hoạch.

Một thử nghiệm thành công không phải vì phương tiện đã bay, mà vì nó tạo ra bằng chứng rõ ràng. Ngay cả một bằng chứng cho thấy "không nên tiếp tục" vẫn có giá trị quản trị, vì nhờ nó mà tránh được một quyết định đầu tư lớn hơn.

1. Tỉnh không cần một hệ sinh thái để bắt đầu; tỉnh cần một bài toán có người đặt hàng

Trong chín đề xuất, ba đề xuất bắt đầu từ những cái tỉnh sẽ sở hữu: trung tâm quản lý bay, nhà xưởng, cơ sở đào tạo; sáu đề xuất bắt đầu từ một việc cần làm. Tinh thần của Kết luận 99-KL/TW về chọn nhiệm vụ

gắn với bài toán thực tiễn không đồng nghĩa với việc mỗi tỉnh phải lập một hệ thống quản lý riêng hay đầu tư đồng loạt vào phương tiện bay.

Một bài toán có người đặt hàng phải trả lời ba câu hỏi trước khi bàn tới công nghệ: vấn đề thuộc về ai và đo bằng đơn vị nào; ai nhận kết quả và gánh chi phí khi giai đoạn thử kết thúc; bằng chứng nào cho biết việc này đáng làm tiếp. Tấm thẻ bảy ô ở Chương 8 là cách mô tả gọn nhất. Đề xuất của Sở Y tế qua được ba câu hỏi ấy. Điện Biên cũng đưa một tuyến như vậy, từ Trung tâm Y tế Mường Ảng tới một trạm y tế xã Nà Tấu và ba điểm y tế Mường Đăng, Ngối Cáy, Ảng Tở, vào phạm vi thử nghiệm để chở thuốc, vật tư y tế và mẫu bệnh phẩm.[11] Vấn đề cần giải quyết không chỉ là UAV nhanh hơn ô tô bao nhiêu phút, mà là việc tiếp tế cho các trạm y tế vùng cao còn khó khăn và thời gian nhận kết quả xét nghiệm còn dài. Trong phương án minh họa, ngành y tế là chủ thể xác định nhu cầu; người sử dụng kết quả là trạm y tế và bệnh nhân, còn cơ chế thanh toán sau thử nghiệm phải được làm rõ. Câu hỏi đo được là: tần suất tiếp tế có tăng với chi phí chấp nhận được không?

Người đặt hàng bài toán còn có một việc không ai làm thay. Theo đơn vị vận hành được báo chí dẫn lại, quy trình chuyên ngành về vận chuyển mẫu bệnh phẩm chưa làm rõ phương thức bằng UAV.[74] Cơ quan chuyên ngành phải xác định yêu cầu bảo quản, bàn giao và kiểm soát chất lượng trước khi mở rộng sang chở mẫu.

Ba đề xuất kia không sai, chỉ sai thứ tự: nhà xưởng cần thị trường, mà thị trường chỉ có khi các bài toán có người đặt hàng được giải lặp đi lặp lại. Ngay ở Điện Biên, khi phép thử mới bắt đầu, doanh nghiệp đã đề xuất ba tiểu dự án gần 200 tỷ đồng: trung tâm thử nghiệm và thực hành bay, nhà máy UAV, trung tâm giới thiệu và đào tạo công nghệ.[74] Với Tây Ninh, nơi có lợi thế công nghiệp và đang chuẩn bị đồng thời khu liên hợp phương tiện không người lái lẫn nền tảng dữ liệu,[78] Bộ Khoa học và Công nghệ vẫn đề nghị tỉnh trước hết xác định bài toán,

vùng bay, phạm vi thử nghiệm và thị trường đầu ra.[71] Với một tỉnh trung du ít người, ít tiền, thứ tự ấy càng quan trọng.

Việc chọn bài toán có thể tổ chức thành một quy trình bài bản. Hàn Quốc chọn "thành phố trình diễn UAV" qua cạnh tranh từ năm 2019; năm 2026, trong 44 địa phương nộp hồ sơ, chuyên gia ngoài khu vực nhà nước thẩm định và chọn 30, mỗi nơi gắn với một dịch vụ cụ thể như đưa thuốc gia dụng ra các đảo của Jeju và Tongyeong.[67]

Một phép thử cần đủ ba vai: người đặt hàng, người dùng kết quả và người cung cấp lời giải. Theo thông tin công bố về quyết định cấp phép của Điện Biên, các vai triển khai được mô tả như sau: Tổng công ty Bưu điện Việt Nam chủ trì vận hành, FPT và các nhà sản xuất UAV lo kỹ thuật, còn hợp tác xã, doanh nghiệp, người dân ứng dụng và phối hợp đánh giá. Còn ai đặt hàng khi giai đoạn thử kết thúc thì thông tin công bố chưa nêu;[11] Chương 17 sẽ trở lại câu hỏi ấy. Không có người đặt hàng, phép thử chỉ trở thành buổi trình diễn: đầu năm 2026, hai chuyến bay giao hàng dài khoảng 200 m và hơn 400 m tại Khu Công nghệ cao Thành phố Hồ Chí Minh đã trình diễn thành công,[89] nhưng chưa chứng minh một nhu cầu vận hành lặp lại mỗi ngày.

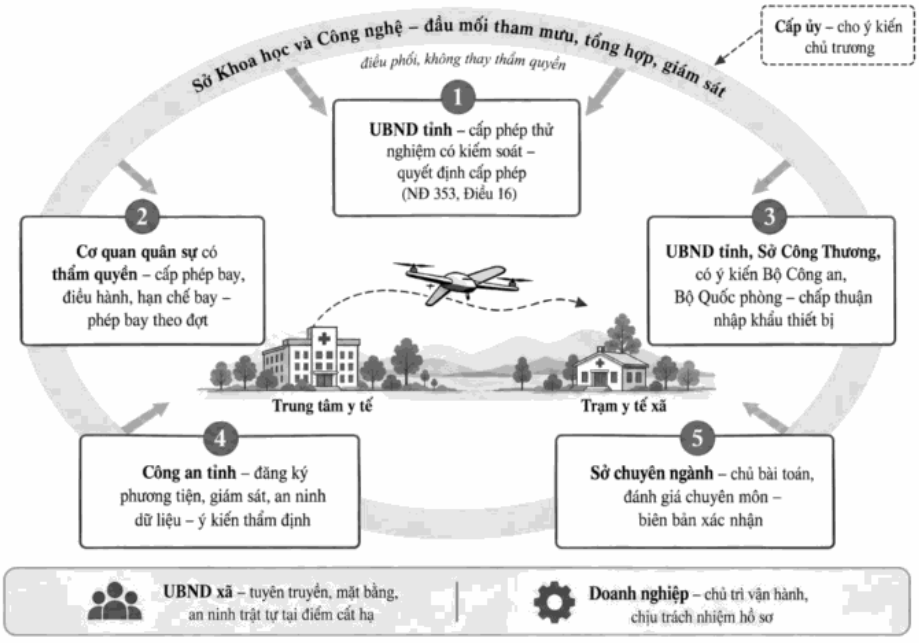
2. Một dự án UAV liên quan tới năm cơ quan, cần rõ vai trước khi nộp hồ sơ

Một chuyến bay thử nghiệm chở thuốc lên trạm y tế xã liên quan đến nhiều chủ thể, nhưng thẩm quyền phê duyệt không thuộc về tất cả các chủ thể này. Theo Điều 16 Nghị định 353/2025/NĐ-CP, Ủy ban nhân dân cấp tỉnh xem xét cấp phép thử nghiệm có kiểm soát sản phẩm, dịch vụ ứng dụng công nghệ số trong phạm vi thuộc địa bàn quản lý. Quyết định thử nghiệm không thay thế phép bay: thẩm quyền cấp phép bay thuộc Bộ Quốc phòng theo phân cấp, từ Cục Tác chiến tới Bộ Chỉ huy quân sự cấp tỉnh, tùy phạm vi, độ cao và khu vực bay (Nghị định 288/2025/NĐ-CP, Thông tư 146/2025/TT-BQP; Chương 19). Cấp phép nhập khẩu phương tiện bay là thủ tục khác, do Ủy ban nhân dân cấp

tỉnh thực hiện sau khi có ý kiến thống nhất bằng văn bản của Bộ Quốc phòng và Bộ Công an (Luật Phòng không nhân dân, Điều 27 khoản 3; Nghị định 288). Cơ quan chuyên ngành xác định và nghiệm thu yêu cầu nghiệp vụ; Công an thực hiện các chức năng đăng ký, bảo đảm an ninh, trật tự theo quy định; chính quyền cơ sở phối hợp trên địa bàn.

Hình 16.1 minh họa các đầu mối tham gia một chuyến bay thử nghiệm; các cơ quan có thẩm quyền phê duyệt không đồng nhất với các đầu mối điều phối, chuyên môn hoặc hỗ trợ. Có hai phân biệt quan trọng ở đây: (i) Đầu mối điều phối không phải là cơ quan có thẩm quyền: Sở Khoa học và Công nghệ gom hồ sơ và đôn đốc, nhưng không thay được ý kiến của cơ quan quân sự về vùng trời hay của Sở Y tế về chuyên môn. (ii) Một cửa tiếp nhận không có nghĩa là một cửa phê duyệt: đầu mối có thể hỗ trợ doanh nghiệp phối hợp hồ sơ, nhưng các quyết định thuộc thẩm quyền riêng vẫn phải được ban hành đúng quy định. Nhiều tỉnh năm 2026 còn chưa rõ mình được áp dụng linh hoạt đến đâu và thủ tục giữa các ngành còn có chỗ chồng chéo.[73]

HÌNH 16.1. Một chuyến bay thử nghiệm, năm yêu cầu chấp thuận



Tổng hợp của các tác giả từ NĐ 353/2025/NĐ-CP và thông tin công bố về Điện Biên, Đà Nẵng. Không phải sơ đồ thủ tục chính thức.

Hình 16.1. Một chuyến bay thử nghiệm, nhiều đầu mối và thẩm quyền

Khi vai trò chưa rõ, hậu quả ít khi lộ ra thành sai sót cụ thể mà thường là thời gian chờ thủ tục kéo dài. Trong một ví dụ tổng hợp của các tác giả, Sở Khoa học và Công nghệ gửi kế hoạch thử nghiệm xin ý kiến nhiều sở, ngành và cơ quan quân sự địa phương; hồ sơ qua nhiều lần trình và kế hoạch chỉ được ban hành gần ba tháng sau vòng lấy ý kiến đầu tiên. Điều làm mất thời gian là những ý kiến quyết định phạm vi bay được đưa vào quá muộn: nếu yêu cầu về quốc phòng, an ninh chỉ xuất hiện khi tuyến bay, khu vực thử và phương án kỹ thuật đã gần hoàn tất, mỗi điều chỉnh có thể kéo theo việc sửa lại toàn bộ hồ sơ. Bài học vì thế khá cụ thể: lấy ý kiến của lực lượng quốc phòng và công an ngay từ lúc phương án còn đang phác thảo, cùng với các ngành liên quan.

Kinh nghiệm Hoa Kỳ cho thấy điểm nghẽn về phân vai và phối hợp không chỉ xuất hiện ở những hệ thống có nhiều tầng thủ tục. Ngày 9/5/2018, Chương trình thí điểm tích hợp tàu bay không người lái của Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ chọn mười chính quyền bang, địa phương và bộ lạc làm đơn vị chủ trì. Đến khi chương trình kết thúc ngày 25/10/2020, các bên đã thực hiện hơn 21.000 lượt bay; một địa phương phải rút khỏi chương trình vì không thu xếp được kinh phí.[44] Tháng 4/2022, Văn phòng Tổng Thanh tra Bộ Giao thông Hoa Kỳ đánh giá chương trình đã tạo ra tiến bộ nhưng vẫn chưa đáp ứng đầy đủ kỳ vọng của các bên, trong đó những điểm nghẽn nằm ở lập kế hoạch, yêu cầu về dữ liệu và việc phối hợp qua nhiều bộ phận.[38] Bài học không chỉ nằm ở số lượt bay đã thực hiện. Một chính quyền địa phương hoàn toàn có thể đứng ra chủ trì, nhưng phải có đủ năng lực tổ chức để theo chương trình đến cuối: giữ nguồn lực, giữ các bên phối hợp và xác định từ đầu ai chịu trách nhiệm đối với dữ liệu cần thu. Nếu không, một chương trình có thể kết thúc với rất nhiều chuyến bay nhưng rất ít câu hỏi được trả lời. Với thử nghiệm UAV, đó là khác biệt giữa một chương trình tạo ra hoạt động và một chương trình tạo ra bằng chứng để ra quyết định.

HỘP 16.1. HIỂU ĐÚNG – THỬ NGHIỆM, KHU VỰC THỬ VÀ CƠ CHẾ THỬ NGHIỆM CÓ KIỂM SOÁT KHÔNG PHẢI LÀ MỘT

Thử nghiệm có kiểm soát theo Nghị định 353/2025/NĐ-CP là quyết định của cơ quan có thẩm quyền cho phép một tổ chức thử sản phẩm, dịch vụ công nghệ số trong phạm vi và thời hạn xác định (Điều 16, Điều 18), với thời hạn tối đa và cách gia hạn như ở Hộp 15.1. Khu vực vùng trời do địa phương thiết lập là không gian để các tổ chức, câu lạc bộ sử dụng phương tiện bay, như bốn khu vực Đà Nẵng quyết định năm 2026.[79] Khu thử nghiệm là địa điểm hoặc phạm vi được bố trí để kiểm chứng kỹ thuật và quy trình trong những điều kiện xác định; việc bố trí khu vực thử không mặc nhiên tạo ngoại lệ pháp lý.[12] Cả ba đều không tự thay thế phép bay, thủ tục nhập khẩu và nghĩa vụ bồi thường với người thứ ba.

3. Từ cuộc họp liên ngành tới chuyến bay sản xuất đầu tiên: những khâu nào cần nhiều thời gian

Chương 15 nhìn chương trình Điện Biên từ phía hợp đồng; ở đây ta nhìn từ phía bộ máy chính quyền, qua những mốc đã công bố. Ngày 23/6/2026, Ủy ban nhân dân tỉnh ban hành Quyết định 1291/QĐ-UBND cho phép thử nghiệm.[11] Ngày 25/7, tỉnh có Quyết định 1658/QĐ-UBND phê duyệt đề án triển khai.[74] Theo thông tin được công bố, UAV bắt đầu được sử dụng trong sản xuất nông nghiệp từ ngày 15/9/2026.[77] Từ ngày cấp phép 23/6 đến ngày 15/9 là 84 ngày.

Giữa các mốc ấy còn những bước không được đưa tin trên báo nhưng tỉnh nào cũng cần tính tới: doanh nghiệp lập hồ sơ theo Điều 24 Nghị định 353, gồm đơn, kế hoạch thử nghiệm, các báo cáo đánh giá và các phương án an toàn, kỹ thuật; Sở thẩm định, tham mưu; cấp ủy cho ý kiến. Bước cuối không có trong Nghị định 353; bước này có thể phát sinh theo cơ chế lãnh đạo của địa phương khi tỉnh quyết định một việc chưa có tiền lệ. Chẳng hạn, chiến lược hệ sinh thái UAV của Tây Ninh, sau cuộc họp rà soát của Ủy ban nhân dân tỉnh, còn phải trình Ban Thường vụ Tỉnh ủy rồi mới trình cấp có thẩm quyền.[78] Kế hoạch cần tính thời gian cho những vòng xin ý kiến ấy, nếu có (Bảng 16.1).

Từ các mốc trên, người dự thảo quyết định cần nắm một điều. Nghị định 353 cho phép kết thúc thử nghiệm trước thời hạn nếu tổ chức được cấp phép không triển khai trong 90 ngày kể từ ngày được cho phép, trừ trường hợp bất khả kháng hoặc trở ngại khách quan được chấp thuận bằng văn bản (Điều 20, khoản 2, điểm d). Cộng 90 ngày vào ngày 23/6 thì hạn rơi vào ngày 21/9. UAV bắt đầu chở hàng sản xuất từ ngày 15/9, sớm hơn hạn sáu ngày; đúng ngày 21/9, Tổng công ty Bưu điện Việt Nam công bố đưa dịch vụ vào vận hành.[91] Hai mốc này là thông tin tham khảo, không chứng minh chính xác thời điểm bắt đầu triển khai theo cách xác định tại Điều 20. Nếu giấy phép thử nghiệm được ban hành khi điều kiện kỹ thuật và phép bay chưa sẵn sàng, tiến độ có thể chịu sức ép từ mốc pháp lý này. Ở miền núi, để chậm một quý là lỡ trọn một vụ mùa.

BẢNG 16.1. Từ chủ trương đến bay sản xuất: các khâu một địa phương cần xem xét, tạm so với các mốc đã công bố của Điện Biên

Công việc	Hồ sơ hoặc căn cứ	Đầu mối liên quan	Thông tin công khai ở Điện Biên	Điều cần tính trước
Chọn bài toán, phạm vi	Đề xuất, phương án phối hợp	Đơn vị sử dụng, cơ quan địa phương, nhà cung cấp	Không công bố đầy đủ	Đủ nhu cầu và đường cơ sở
Đề nghị thử nghiệm có kiểm soát	Hồ sơ theo Điều 24 NĐ 353	Tổ chức, doanh nghiệp đề xuất và cơ quan có thẩm quyền	Không công bố hồ sơ chi tiết	Nêu rõ phạm vi, thời gian, rủi ro và quy định xin áp dụng khác
Quyết định thử nghiệm	Quyết định của cơ quan có thẩm quyền	UBND tỉnh trong phạm vi theo Điều 16 NĐ 353	23/6/2026 – QĐ 1291[11]	Không thay phép bay
Phê duyệt đề án triển khai	Quyết định của UBND tỉnh	UBND tỉnh, các bên thực hiện	25/7/2026 – QĐ 1658[74]	Phân biệt đề án triển khai với thẩm quyền bay
Nhập khẩu, đăng ký phương tiện (nếu có)	Hồ sơ theo pháp luật chuyên ngành	UBND tỉnh; cơ quan Công an và các bên liên quan	Chưa đủ thông tin công khai	Không suy đoán có lô hàng mới hay thời điểm nhập

Xin phép và tổ chức hoạt động bay	NĐ 288 và TT 146	Cơ quan quân sự có thẩm quyền; đơn vị khai thác	Không công bố đầy đủ từng phép bay	Tính thời gian cho từng nhiệm vụ và yêu cầu hiệp đồng
Triển khai ứng dụng	Nhật ký, đầu ra và dữ liệu thực tế	Đơn vị vận hành, đơn vị sử dụng kết quả	15/9/2026 – thông tin bắt đầu hoạt động sản xuất[77]	Kiểm chứng kết quả, ghi nhận bất thường

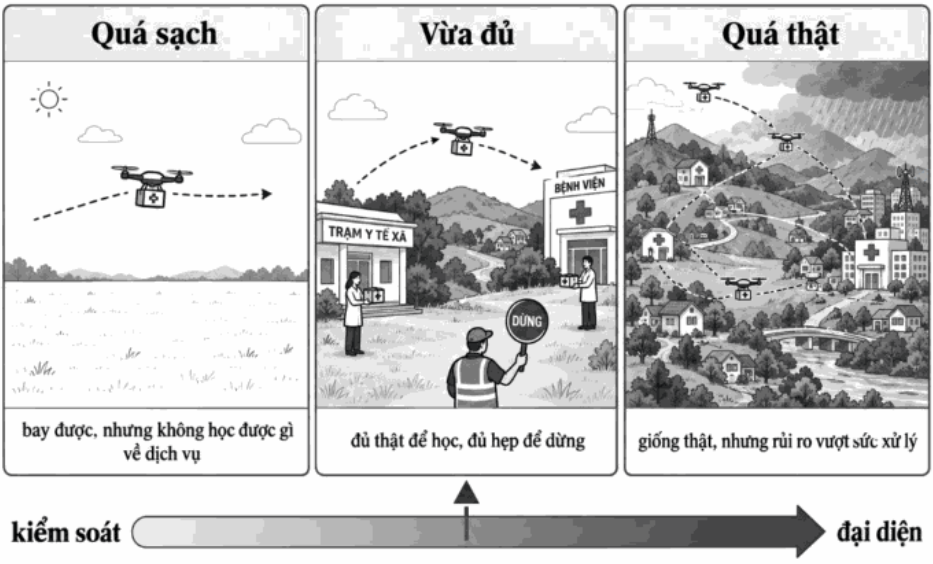
Nguồn: Nghị định 288/2025/NĐ-CP; Nghị định 353/2025/NĐ-CP; Thông tư 146/2025/TT-BQP;[11],[74],[77]*. Các bước là khung phân biệt việc cần chuẩn bị, không phải quy trình hành chính thống nhất hay nhật ký thủ tục của Điện Biên.*

Chọn địa điểm thử cũng là một quyết định quản trị. Một môi trường thử quá thuận lợi cho kết quả đẹp nhưng ít phản ánh điều kiện vận hành thực tế vì nó loại bỏ đúng những thứ làm dịch vụ thất bại ngoài đời: địa hình che khuất tín hiệu, thời tiết thay đổi giữa buổi, nhân sự luân phiên, hiện trường chưa sẵn sàng khi phương tiện đã tới. Ngược lại, một môi trường giống hệt điều kiện vận hành thật có thể đẩy rủi ro vượt khỏi tầm kiểm soát của một dự án chưa biết chắc sẽ vận hành ra sao.

Phạm vi vì thế nên được chọn theo câu hỏi cần trả lời, chứ không theo mong muốn "có một khu thử nghiệm". Nếu điều cần học là chất lượng dữ liệu trên địa hình dốc, phạm vi phải có địa hình dốc, dù nhỏ. Nếu điều cần học là độ tin cậy của chuỗi giao nhận, phạm vi phải có đủ hai đầu tuyến và đủ người tham gia bàn giao, dù tuyến ngắn. Phạm vi cũng phải cho phép dừng: biết trước ai có quyền ra lệnh dừng, dừng bằng cách nào, và sau khi dừng thì trạng thái an toàn là gì (Hình 16.2).

Theo quyết định cấp phép, Điện Biên đưa vào phạm vi thử năm vùng: chè Sính Phình, cà phê Mường Ảng, mắc ca Tuần Giáo, lúa Thanh Nưa và mạng lưới y tế Mường Ảng;[11] những chuyến bay sản xuất đầu tiên được công bố là chở cà phê ở Mường Ảng.[77] Thử ở nơi quá thuận lợi thì không rút ra được gì về kinh tế; thử ở nơi quá sát thực

tế thì sự cố đầu tiên có thể làm dừng cả chương trình. Đề án nên ghi rõ từng điểm thử được chọn để chứng minh điều gì và chưa chứng minh điều gì.



Hình 16.2. Phạm vi thử phải vừa kiểm soát được, vừa đủ đại diện

HỘP 16.2. ĐIỂM NGHẼN – THIẾT BỊ VỀ MUỘN HƠN MÙA VỤ

Lịch bay của một phép thử nông nghiệp do mùa vụ quyết định, còn ngày thiết bị về do thủ tục nhập khẩu quyết định. Theo tổng hợp ý kiến doanh nghiệp của Ban Nghiên cứu phát triển kinh tế tư nhân, nhập khẩu UAV được quản lý theo từng lô thay vì theo mẫu sản phẩm, mỗi lô qua sáu bước; Bộ Quốc phòng đã ban hành danh mục tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật áp dụng cho UAV (Thông tư 39/2025/TT-BQP), nhưng tiêu chuẩn quốc gia riêng cho UAV chưa được hoàn thiện.[90, 94] Tỉnh không sửa được các quy định ấy, nhưng có thể làm ba việc: chỉ định ngay trong quyết định cấp phép cơ quan đầu mối về nhập khẩu; yêu cầu kế hoạch thử nghiệm lập lịch nhập khẩu tính ngược từ ngày vào vụ; và đề nghị cơ quan chuyên ngành xác định sớm thiết bị phục vụ khảo nghiệm, nghiên cứu có thuộc diện được miễn kiểm tra chất lượng theo Điều 86 Nghị định 37/2026/NĐ-CP hay không, vì việc miễn kiểm tra không áp dụng với hàng hóa thuộc danh mục kiểm soát đặc thù.

4. Văn bản cho phép bắt đầu cũng phải ghi sẵn khi nào dừng

Kết luận 99-KL/TW yêu cầu khi áp dụng cơ chế thử nghiệm có kiểm soát, phải xác định rõ: phạm vi, thời hạn, tiêu chí đánh giá, cơ chế giám sát và điều kiện kết thúc hoặc mở rộng.[2, 75] Theo thông tin đã công bố, quyết định của Điện Biên có phạm vi, thời hạn, chủ thể, mục tiêu đầu ra và một cơ chế thận trọng: giai đoạn đầu, phép bay được đề xuất cấp theo từng tháng để rút kinh nghiệm trước khi mở rộng (Chương 15).[11] Đà Nẵng cũng đưa ra nguyên tắc đánh giá hiệu quả trước khi mở rộng.[79] Còn ngưỡng dừng thì chưa được đề cập.

Một văn bản khởi động đầy đủ nên có bốn nhóm nội dung ngay từ đầu. Thứ nhất là chu kỳ báo cáo: báo cáo nhanh khi có sự cố hoặc phản ánh của người dân, định kỳ hằng tháng ở giai đoạn đầu, sơ kết và tổng kết. Thứ hai là điều kiện tạm dừng, chẳng hạn một số phản ánh có cơ sở về tiếng ồn, rơi vãi hay quyền riêng tư trên cùng một tuyến; theo Nghị định 353, trong 30 ngày kể từ quyết định tạm dừng, tổ chức phải khắc phục sự cố hoặc đưa ra phương án khắc phục, bảo đảm an toàn; nếu không, cơ quan có thẩm quyền quyết định kết thúc trước thời hạn (Điều 19, khoản 4, 5). Thứ ba là điều kiện chuyển giai đoạn hoặc mở rộng: không đủ dữ liệu đánh giá và chấp thuận chuyên ngành thì không chuyển. Thứ tư là danh mục chính xác những quy định được không áp dụng hoặc áp dụng khác trong thời gian thử, kèm người chịu trách nhiệm và các tiêu chuẩn được miễn, như Bộ Khoa học và Công nghệ đã lưu ý Tây Ninh.[71] Ngoài danh mục ấy, tổ chức thử nghiệm vẫn phải tuân thủ pháp luật dân sự, pháp luật về dữ liệu, bảo vệ dữ liệu cá nhân, bảo vệ quyền lợi người tiêu dùng và pháp luật liên quan (Nghị định 353, Điều 22, khoản 1).

Danh mục và điều kiện thử nghiệm cũng giúp xác định trách nhiệm của người có thẩm quyền. Theo Điều 22 Luật Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo năm 2025, chủ thể có thẩm quyền chỉ được miễn, loại trừ trách nhiệm khi làm đúng, đầy đủ quy định, có động cơ trong sáng, vì lợi ích chung, và không thuộc trường hợp đã biết hoặc

buộc phải biết nguy cơ rủi ro nhưng không áp dụng đầy đủ biện pháp phù hợp để ngăn ngừa, hạn chế thiệt hại. Phạm vi miễn trách nhiệm của doanh nghiệp thử nghiệm đã nêu ở Hộp 15.1. Ghi rõ phạm vi, cách giám sát và điều kiện dừng trong quyết định là cần thiết, nhưng riêng các điều khoản ấy chưa chứng minh mọi điều kiện miễn, loại trừ trách nhiệm đã được đáp ứng.

Với người ra quyết định ở tỉnh, ba ngả sau một phép thử là dừng, điều chỉnh và mở rộng; cả ba phải được viết thành điều kiện trước khi có kết quả. Nếu viết sau khi có kết quả, mọi con số dễ bị diễn giải theo hướng có lợi cho việc tiếp tục. Dừng đúng lúc, khi bằng chứng cho thấy bài toán không đáng làm ở quy mô này, là kết quả quản trị tốt vì giữ nguồn lực cho bài toán khác. Đo cái gì để chọn đúng ngả là việc của Chương 18; ai trả tiền khi giai đoạn thử kết thúc là câu hỏi của Chương 17.

KẾT CHƯƠNG

Trở lại phòng họp của tỉnh trung du. Phó Chủ tịch không chấm điểm chín đề xuất; bà hỏi mỗi đề xuất ba câu: vấn đề thuộc về ai, ai nhận kết quả và gánh chi phí, bằng chứng nào cho biết đáng làm tiếp. Đề xuất của Sở Y tế được chọn, với một tuyến từ trung tâm y tế tới ba trạm y tế xã. Hợp tác xã chè được hướng sang dịch vụ phun thuê sẵn có trên thị trường. Trung tâm quản lý bay, nhà xưởng và cơ sở đào tạo chưa vào kế hoạch. Lá thư của doanh nghiệp kiểm tra tài sản được chuyển cho chủ lưới điện, vì đó là hợp đồng giữa người mua và người bán dịch vụ; tỉnh chỉ giúp phối hợp phép bay.

Sở Khoa học và Công nghệ được giao làm cơ quan thường trực, với bốn việc trong tháng đầu: xin ý kiến Bộ Chỉ huy quân sự tỉnh và Công an tỉnh về phạm vi bay trước khi doanh nghiệp hoàn thiện hồ sơ; làm rõ đầu mối phối hợp thủ tục nhập khẩu; cùng Sở Y tế làm rõ căn cứ chở mẫu bệnh phẩm bằng UAV; dự thảo quyết định cấp phép có sẵn chu kỳ báo cáo, điều kiện tạm dừng, điều kiện mở rộng và danh mục

quy định áp dụng khác, báo cáo cấp có thẩm quyền theo quy chế làm việc của địa phương trước khi ký.

Cuộc họp kết thúc khi tỉnh đã chọn được một bài toán. Nhưng chín đề xuất cũng cho thấy nhiều nhu cầu và năng lực khác nhau của cùng một địa phương. Nếu phép thử chở thuốc thành công, chúng nên được ghép thành mô hình phát triển nào, để đội bay, dữ liệu và con người được dùng chung thay vì mỗi sở một dự án?

CHƯƠNG 17. ĐỊA PHƯƠNG NÊN PHÁT TRIỂN THEO MÔ HÌNH NÀO?

Đặt cạnh nhau bốn kế hoạch về kinh tế tầm thấp mà báo chí đưa tin trong năm 2026, người đọc khó nhận ra chúng thuộc về bốn vùng đất rất khác nhau. Thành phố Hồ Chí Minh muốn thành trung tâm nghiên cứu, sản xuất đầu tiên của cả nước, với hệ thống quản lý giao thông tầm thấp, bãi đáp, trạm sạc và trung tâm điều hành bay.[76, 96] Cần Thơ muốn thành trung tâm kinh tế tầm thấp của vùng.[93] Tây Ninh muốn thành trung tâm quốc gia về thử nghiệm và đào tạo, với một khu liên hợp phương tiện không người lái vào năm 2030.[95] Đà Nẵng hướng tới khu nghiên cứu, sản xuất, đào tạo và thử nghiệm UAV phục vụ miền Trung.[10, 84] Bốn địa phương cùng muốn trở thành trung tâm; mục tiêu quốc gia mà Kết luận 99-KL/TW đặt ra đến năm 2030 là ba khu thử nghiệm bay cấp quốc gia.[2, 75]

Trong khi đó, đội UAV nông nghiệp quy mô lớn đang hình thành ở Việt Nam lại hoạt động mà chưa cần trung tâm nào. Tại các diễn đàn đầu tháng 10/2026, các diễn giả ước tính đồng bằng sông Cửu Long có từ 6.000 tới 10.000 chiếc UAV nông nghiệp đang phun thuốc, rải phân, sạ lúa.[88, 97]

Ở tỉnh trung du của Chương 16, bài toán chở thuốc tới các điểm y tế xã đã được chọn để thử. Khi bàn kế hoạch cho những năm tiếp theo, câu hỏi đầu tiên trong phòng họp là: tỉnh mình thuộc mô hình nào? Tỉnh có ruộng chè, có đồi núi, có một khu công nghiệp nhỏ và một đô thị đang lớn. Chọn mô hình nông nghiệp thì bỏ miền núi, chọn công nghiệp thì bỏ nông nghiệp, làm cả bốn thì không đủ người và tiền.

Chương này hỏi: với điều kiện không gian và cơ chế chi trả thực tế, việc gì nên làm chủ lực, việc gì đi kèm và năng lực nào cần dùng chung để các hoạt động có thể tiếp tục sau thử nghiệm?

1. Mô hình cho thấy các hoạt động hỗ trợ nhau để có thể duy trì, không phải khuôn để xếp loại tỉnh

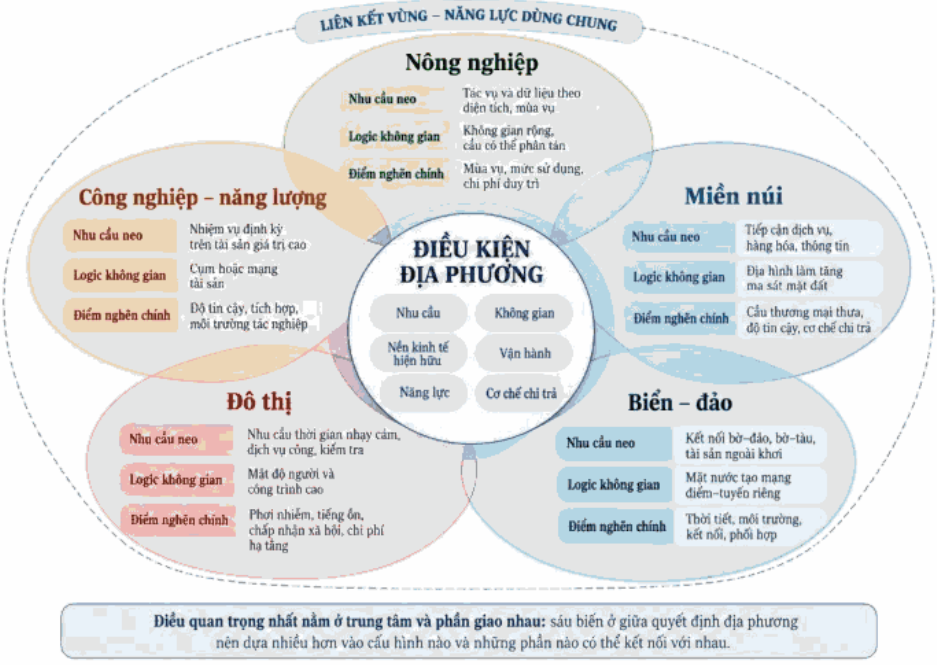
Trong chương này, mô hình phát triển kinh tế không gian tầm thấp cấp địa phương được hiểu là một cấu hình tương đối nhất quán giữa nhu cầu, đặc điểm không gian, nền kinh tế hiện hữu, cách tổ chức vận hành, người sử dụng, người hoặc cơ chế chi trả, năng lực hỗ trợ và điều kiện quản trị, đủ để các hoạt động liên quan lặp lại và tạo giá trị.

Điểm mấu chốt nằm ở chữ cấu hình. Một ứng dụng cho biết UAV có thể làm việc gì; một trường hợp sử dụng đặt công nghệ vào một bài toán; một dự án tổ chức nguồn lực để giải bài toán ấy; một thử nghiệm kiểm tra vài giả định trong phạm vi giới hạn. Một mô hình phát triển phải đi xa hơn: giải thích vì sao các hoạt động có thể lặp lại, ai vận hành, ai cần kết quả, ai chi trả và năng lực nào giữ cho cả cấu trúc tồn tại.

Chẳng hạn, vận chuyển vật tư y tế có thể xuất hiện ở miền núi, trên đảo hoặc trong một đô thị lớn. Tên ứng dụng giống nhau nhưng logic kinh tế không giống nhau. Ở vùng núi, lợi ích có thể đến từ việc vận chuyển vượt qua địa hình hiểm trở, nơi đi đường bộ mất nhiều thời gian và khó tiếp cận. Ở đảo, bài toán là kết nối giữa bờ, điểm nhận, tàu hoặc cơ sở ngoài khơi. Trong đô thị, khoảng cách có thể ngắn hơn nhưng mật độ người, công trình và các yêu cầu vận hành làm độ phức tạp tăng lên.

Chương dùng năm cấu hình tham chiếu: nông nghiệp, miền núi, biển đảo, đô thị, công nghiệp – năng lượng. Đó không phải năm loại tỉnh, cũng không phải năm bậc phát triển. Mỗi mô hình được xem xét bằng cùng một bộ câu hỏi: vì sao bay đáng giá, ai trả tiền sau thử nghiệm, tỉnh giữ vai gì, cần năng lực tối thiểu nào, nghẽn ở đâu và dấu hiệu nào cho thấy việc đã lặp lại được (Bảng 17.1). Trong đó có hai câu hỏi quyết định: bay giải quyết trở ngại nào tốt hơn cách đang làm; và khi hết giai đoạn thử, ai trả tiền để dịch vụ tiếp tục? Nguồn chi trả có thể đến từ người sử dụng, chủ tài sản hoặc cơ quan nhà nước đặt hàng

dịch vụ công khi đủ điều kiện pháp lý. Nhà đầu tư có thể bỏ vốn vào năng lực cung ứng nhưng vẫn phải thu hồi vốn từ người chi trả cuối cùng. Câu trả lời cho hai câu hỏi ấy quyết định vai của Nhà nước: quản lý, đặt hàng, kết nối hay hỗ trợ đầu tư (Hình 17.1).



Hình 17.1. Năm cấu hình phát triển – không phải năm khuôn cứng

2. Nông nghiệp: diện tích lớn chỉ thành thị trường khi việc lặp lại đủ đều qua các vụ

Đồng bằng sông Cửu Long cho thấy thị trường dịch vụ UAV nông nghiệp đã có người trả tiền trực tiếp. Giá thuê phun ở miền Tây khoảng 120.000–140.000 đồng mỗi hecta, rẻ hơn thuê người phun (Chương 14); theo một câu lạc bộ drone ở Ninh Bình, mỗi máy làm được 400–500 ha mỗi vụ, có trường hợp tới 2.200 ha.[83] Người dùng là nông hộ, hợp tác xã; họ cũng là người trả tiền. Đó là lý do đội bay đã có nguồn thu và tự lớn lên mà chưa cần ngân sách.

Trở ngại của mô hình này không nằm ở công nghệ mà ở mùa vụ: nhu cầu tập trung vào những đợt cao điểm, còn ngoài mùa vụ thì phương

tiện và nhân lực có thể không có đủ việc làm. Chương 14 đã tính: với người phun thuê, giá giảm 13% có thể xóa hơn bốn phần năm tiền công cả năm. Vì vậy quy mô thị trường không đo bằng số hecta trong tỉnh, mà bằng số hecta có thể gom thành lịch bay đều đặn qua nhiều vụ và nhiều loại việc như phun, bón, sạ, chụp ảnh đồng ruộng.

Những người trong nghề nêu bốn vướng mắc: ruộng manh mún khó tổ chức bay, linh kiện thay chậm giữa mùa cao điểm, người điều khiển thiếu đào tạo, danh mục thuốc dùng bằng UAV còn hẹp.[83] Theo Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật, đồng bằng sông Cửu Long dùng bình quân khoảng 5,05 kg thuốc bảo vệ thực vật mỗi hecta, cao hơn 48% mức 3,42 kg của cả nước.[88] Giá trị vì thế nằm ở phun đúng chỗ, đúng liều, chứ không ở việc mua thêm máy. Với thị trường dịch vụ đã hình thành, vai của tỉnh là quản lý và hỗ trợ tổ chức hoạt động: tập huấn, an toàn, danh mục thuốc, phối hợp phép bay và dữ liệu cho việc ấy. Mua máy để cấp phát đại trà khi chưa đánh giá nhu cầu và năng lực cung ứng dịch vụ đã hình thành có thể làm giảm thị trường của chính những tổ bay đang hoạt động.

3. Miền núi: vượt địa hình có giá trị lớn, nhưng người hưởng lợi thường không phải người trả tiền

Ở miền núi, tuyến bay thẳng có thể rút ngắn hành trình so với đường bộ phải vòng qua các đèo núi. Điện Biên là ví dụ được công bố về việc đưa lợi thế ấy vào chương trình thử nghiệm có kiểm soát, với một tuyến y tế từ Trung tâm Y tế Mường Ảng tới một trạm y tế xã và ba điểm y tế (Chương 15, 16).[11]

Từ một chuyến bay ấn tượng đến một mô hình bền vững, thứ còn thiếu là người trả tiền. Người hưởng lợi là bệnh nhân vùng cao, người dùng là trạm y tế, còn người trả tiền phải là một chủ thể khác. Thông tin công bố chưa cho biết ai sẽ đặt hàng khi chương trình kết thúc.[11]

Giá trị xã hội lớn không tự thành nhu cầu có người trả tiền. Khi không có người dùng chi trả trực tiếp, Nhà nước có thể là bên đặt hàng:

Kết luận 99-KL/TW giao cho Nhà nước vai dẫn dắt thị trường ban đầu thông qua đặt hàng, thí điểm và ứng dụng trong khu vực công.[2, 75] Luật số 90/2025/QH15 đã bổ sung vào Luật Đấu thầu hình thức đặt hàng đối với sản phẩm, dịch vụ công ích và dịch vụ sự nghiệp công; việc lập dự toán và xác định đơn giá còn phải đối chiếu Nghị định 32/2019/NĐ-CP cùng những nội dung đã được Nghị định 349/2026/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung. Tuy nhiên, một dịch vụ vận chuyển bằng UAV không tự động thuộc danh mục được đặt hàng; cơ quan có thẩm quyền còn phải làm rõ tính chất dịch vụ, căn cứ chuyên ngành, nguồn kinh phí và điều kiện lựa chọn nhà cung cấp. Nếu việc đặt hàng là hợp pháp, đơn giá cũng cần gắn với kết quả đạt yêu cầu: Chương 13 đã cho thấy hợp đồng trả phí cố định ở Ghana dồn rủi ro sang ngân sách ra sao.

4. Biển đảo: điều kiện then chốt là điểm giao nhận và hệ thống kết nối, không chỉ ở tầm bay

Biển đảo dễ bị coi là miền núi với nước thay cho đất. Khác biệt nằm ở mạng lưới điểm giao nhận và tuyến bay: nơi nhận hàng trên đảo, trên tàu hay trên công trình ngoài khơi, cách thu hồi máy khi thời tiết đổi, liên lạc trên mặt nước, và bảo trì trong không khí mặn.

Scotland cho thấy cả giá trị lẫn giới hạn của mô hình này. Mẫu xét nghiệm từ đảo Arran phải đi ô tô và phà, có khi tới năm giờ. Dự án CAELUS, với 16 thành viên, trong đó có hệ thống y tế công NHS Scotland, cơ quan quản lý bay và sân bay, năm 2022 nhận khoảng 10 triệu bảng tài trợ nghiên cứu công để thiết kế một mạng UAV y tế toàn quốc. Năm 2024, các chuyến bay thật qua eo biển Clyde tới Arran mất khoảng 30 phút một chặng. Đầu năm 2025, dự án khép lại với phép bay chỉ cấp tạm thời và nhu cầu đã được bác sĩ thừa nhận, nhưng không cơ quan nào cam kết đặt hàng, và nguồn tiền cho bước tiếp theo còn bỏ ngỏ.[121, 127, 139] Tiền tài trợ tạo được bằng chứng, nhưng chưa tạo được người đặt hàng thường xuyên.

Mô hình dịch vụ tại biển, đảo chỉ có thể duy trì hiệu quả khi nhiều loại nhiệm vụ sử dụng chung hạ tầng và đội ngũ. Chở hàng ra đảo, kiểm tra công trình ngoài khơi, tìm kiếm cứu nạn và quan trắc có thể chia nhau một điểm vận hành, một đội bảo trì, một hệ thống liên lạc. Dự thảo đề án của Đà Nẵng đã nêu giao hàng nhanh ra vùng đảo cùng cứu nạn và vận chuyển y tế trong các bài toán có thể ứng dụng.[10, 84] Nếu mỗi việc cần một hệ thống riêng, gom chúng vào một đề án không làm chi phí giảm.

5. Đô thị: nhu cầu lớn nhưng điều kiện khắt khe; việc công ích và kiểm tra nên đi trước

Đô thị có nhiều người dùng và nhiều việc trên một cây số vuông, nên mỗi chiếc UAV có thể được dùng nhiều hơn. Nhưng chính mật độ ấy làm hậu quả của sai sót lớn hơn; tiếng ồn, quyền riêng tư và sự chấp nhận của người dân trở thành giới hạn thật. Nhu cầu cao chưa có nghĩa là làm được ngay.

Các thành phố lớn của Việt Nam đang đi những bước đầu theo cách khá thận trọng. Theo Ban Quản lý Khu Công nghệ cao Thành phố Hồ Chí Minh, Quyết định 363/QĐ-KCNC ngày 1/10/2025 bố trí hoạt động thử nghiệm UAV tại hai vị trí, độ cao tối đa 50 m và bán kính hoạt động 500 m; việc thử vẫn phải có phép bay theo quy định.[12] Hai chuyến giao hàng trình diễn nêu ở Chương 16 diễn ra trong khu vực thử nghiệm của Khu Công nghệ cao.[89] Đà Nẵng, theo Quyết định 4167/QĐ-UBND, thiết lập bốn khu vực vùng trời cho tổ chức, hội, câu lạc bộ sử dụng phương tiện bay, còn việc cấp phép bay vẫn do Bộ Chỉ huy quân sự thành phố thực hiện theo thẩm quyền (Hộp 16.1).[79]

Việc trong đô thị có thể chia ba lớp. Lớp thứ nhất là kiểm tra công trình, dịch vụ công và ứng phó khẩn cấp, với người đặt hàng có thể là cơ quan nhà nước hoặc chủ tài sản. Lớp thứ hai là giao hàng cần nhanh. Lớp thứ ba là vận chuyển hành khách bằng phương tiện bay mới, với điều kiện an toàn và tổ chức vận hành khác hẳn. Ba lớp không phải ba

bậc phải leo lần lượt. Hạ tầng như bãi đáp hay trung tâm điều hành chỉ nên xây khi đã biết hoạt động nào đủ nhiều để dùng đến.

6. Công nghiệp – năng lượng: nhiều tài sản cần kiểm tra tạo ra thị trường dịch vụ, chưa tạo ra lợi thế sản xuất UAV

Ở vùng có lưới điện, đường ống, nhà máy, mỏ, việc kiểm tra định kỳ tạo ra nhu cầu đều đặn. Chủ tài sản thường là người sử dụng kết quả và nguồn chi trả trực tiếp hoặc thông qua hợp đồng dịch vụ, nên cơ chế chi trả có thể rõ hơn nhiều nhiệm vụ công ích. Chương 13–15 đã phân tích hợp đồng kiểm tra lưới điện; tỉnh có thể hỗ trợ kết nối, phối hợp theo chức năng nhưng không vì thế trở thành bên phải thanh toán thay chủ tài sản.

Có nhiều tài sản cần UAV không có nghĩa là tỉnh có lợi thế sản xuất UAV. Muốn sản xuất, tỉnh cần điện tử, cơ khí chính xác, phần mềm và nhân lực đủ sâu. Khi gợi ý Tây Ninh nghiên cứu khu liên hợp sản xuất UAV, Bộ Khoa học và Công nghệ cũng đề nghị làm rõ thị trường đầu ra, năng lực sản xuất và sự tham gia của doanh nghiệp.[71] Năng lực nào nên làm chủ ở cấp quốc gia là chủ đề của Chương 22.

BẢNG 17.1. Năm mô hình xét theo cùng một bộ câu hỏi

Mô hình	Vì sao bay đáng giá	Người trả tiền sau thử nghiệm	Vai chính của tỉnh	Năng lực tối thiểu	Điểm nghẽn chính	Dấu hiệu đã lặp lại được
Nông nghiệp	Làm nhanh trên diện tích lớn, đúng thời vụ	Nông hộ, hợp tác xã, doanh nghiệp nông nghiệp	Quản lý: tập huấn, an toàn, danh mục thuốc, phép bay	Tổ bay, lịch phục vụ, sửa chữa	Mùa vụ, ruộng manh mún, linh kiện	Khách quay lại qua nhiều vụ, nhiều loại việc

Miền núi	Bỏ qua đường vòng, địa hình chia cắt	Nhà nước đặt hàng (y tế, cứu trợ, lâm nghiệp)	Người đặt hàng	Điểm cất hạ, liên lạc, bảo trì, xử lý sự cố	Chưa có dòng dự toán; quy định chuyên ngành	Ngành ghi dự toán đặt hàng cho năm sau
Biển đảo	Vượt mặt nước, nối bờ, tàu, đảo	Nhà nước đặt hàng; chủ công trình ngoài khơi	Đặt hàng, kết nối	Điểm giao nhận, thu hồi, liên lạc, bảo trì	Thời tiết, không khí mặn, phối hợp	Nhiều việc dùng chung hạ tầng và đội ngũ
Đô thị	Nhanh trong khu đông, tránh tắc đường	Cơ quan công trước; doanh nghiệp sau	Quản lý rủi ro, phân vùng bay, đặt hàng việc công ích	Phân vùng, điều phối, quản lý rủi ro	An toàn, tiếng ồn, chấp nhận của người dân	Hoạt động đủ nhiều trước khi xây hạ tầng
Công nghiệp – năng lượng	Kiểm tra định kỳ tài sản lớn, nguy hiểm	Chủ tài sản, qua hợp đồng dịch vụ	Kết nối, phối hợp phép bay; không trả thay	Đội bay đạt chuẩn ngành, xử lý dữ liệu	Lịch phép bay, chuẩn nghiệm thu, tỷ lệ bay lại	Hợp đồng nhiều năm theo lịch kiểm tra

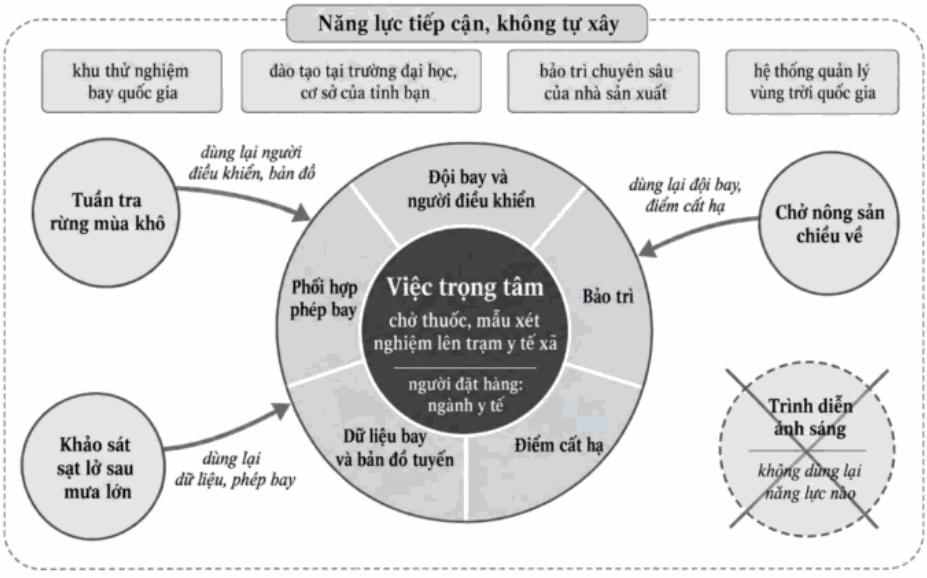
Nguồn: Khung tổng hợp của các tác giả

7. Một tỉnh chọn một việc chủ lực, thêm việc đi kèm khi dùng chung được năng lực, và tiếp cận thay vì tự xây

Một tỉnh thật hiếm khi thuần một mô hình. Câu hỏi "tỉnh mình thuộc mô hình nào" vì thế nên đổi thành "việc nào làm chủ lực". Việc chủ lực là việc có nhu cầu, phương thức vận hành và cơ chế chi trả đủ rõ để có cơ hội lặp lại. Nó dựng nên phần lớn năng lực ban đầu: đội bay, người điều khiển, bảo trì, điểm cất hạ, dữ liệu, quan hệ phối hợp với cơ quan quân sự. Việc chủ lực không nhất thiết thuộc ngành lớn nhất của tỉnh, và có thể đổi khi điều kiện đổi.

Một việc khác chỉ nên đi kèm khi nó dùng lại được năng lực ấy: cùng điểm cất hạ, cùng đội bảo trì, cùng dữ liệu, cùng người điều khiển, hay lấp được những tháng máy nằm chờ. Nếu không dùng lại được năng lực, việc ấy phải tự chứng minh hiệu quả như một dự án riêng; nhiều việc chỉ đặt cạnh nhau thì chưa thành hệ sinh thái.

Ở tỉnh trung du, nếu tuyến chở thuốc là việc chủ lực, chiều về có thể được xem xét để chở nông sản, khi điều kiện kỹ thuật, an toàn và pháp lý cho phép; mùa khô, người điều khiển và bản đồ tuyến có thể phục vụ tuần tra rừng. Màn trình diễn ánh sáng không dùng lại được năng lực chính trong giả định này nên chưa đưa vào kế hoạch (Hình 17.2).



Khung của các tác giả; tình huống tổng hợp.

Hình 17.2. Một việc chủ lực, hai việc đi kèm và những năng lực tỉnh chỉ cần tiếp cận

Câu hỏi khó hơn là khi nào nên đầu tư tài sản. Lấy ví dụ ba tiểu dự án gần 200 tỷ đồng được đề xuất ở Điện Biên (Chương 16). Theo giả định minh họa của các tác giả, phân bổ số vốn ấy trong mười năm, chưa tính chi phí tài chính, cần bù gần 20 tỷ đồng mỗi năm. Giả sử mỗi chuyến dịch vụ đóng góp 1 triệu đồng sau chi phí vận hành. Khi đó cần

khoảng 20.000 chuyến mỗi năm, tức khoảng 55 chuyến mỗi ngày, đều đặn trong mười năm. Mục tiêu khoảng 6.000 chuyến của Điện Biên (Chương 15) trong thời hạn được phép thử nghiệm chỉ là quy mô kế hoạch, không phải sản lượng thương mại ổn định theo năm.[11] Vốn là của doanh nghiệp hay có hỗ trợ của tỉnh, câu hỏi không đổi: ai đặt hàng đủ số việc ấy?

Phép tính không bác bỏ các tiểu dự án. Nó cho thấy cần kiểm tra quy mô cầu và cơ cấu nguồn thu trước khi quyết định. Vì thế, được dùng năng lực thường quan trọng hơn sở hữu nó. Một tỉnh có thể gửi người điều khiển tới trung tâm đào tạo của tỉnh bạn, thử thiết bị ở khu thử nghiệm bay quốc gia mà Kết luận 99-KL/TW đặt mục tiêu xây dựng,[2, 75] và thuê bảo trì chuyên sâu của nhà sản xuất. Nếu Tây Ninh thành trung tâm thử nghiệm, đào tạo của cả nước như dự định, các tỉnh lân cận nên thỏa thuận dùng chung thay vì mỗi nơi dựng một cơ sở.[95]

Phản biện mạnh nhất là không có hạ tầng thì không ai dám đặt hàng. Lập luận ấy có cơ sở đối với một số hạ tầng dùng chung cấp quốc gia, và Kết luận 99-KL/TW đã đưa khu thử nghiệm bay quốc gia vào mục tiêu chung;[2, 75] nhưng từ đó không suy ra mọi địa phương phải lập ngay hệ thống quản lý bay riêng. Hạ tầng cho việc chủ lực có thể chỉ gồm điểm cất hạ, phương án bay được cấp phép và đầu mối phối hợp, hình thành theo nhu cầu đã xác định. Ý tưởng Nhà nước đặt hàng những dịch vụ đầu tiên để tạo thị trường, nêu trong dự thảo đề án của Đà Nẵng, đi đúng hướng ấy.[10, 84]

KẾT CHƯƠNG

Phó Chủ tịch tỉnh trung du trả lại bản dự thảo với một yêu cầu: mỗi nhiệm vụ ghi tên người trả tiền sau thử nghiệm. Bản thứ hai ngắn hơn một nửa. Tuyến chở thuốc là việc chủ lực, Sở Y tế được giao xem xét điều kiện lập dự toán năm sau nếu phép thử đạt và dịch vụ đủ căn cứ pháp lý để đặt hàng. Chở nông sản chiều về và tuần tra rừng mùa khô là hai khả năng đi kèm cần được kiểm tra riêng về nhu cầu, kỹ thuật

và điều kiện bay. Với nông nghiệp, tỉnh chỉ giữ việc tập huấn, an toàn và phối hợp phép bay. Trung tâm điều hành, khu sản xuất và cơ sở đào tạo chuyển thành mục "tiếp cận": phương án dùng chung dịch vụ với địa phương lân cận, kèm điều kiện về nhu cầu để xem xét lại sau một thời gian.

Kế hoạch giờ đã ghi ai trả tiền nếu phép thử đạt. Còn lại một câu hỏi mà Sở Y tế sẽ hỏi trước khi ký dự toán: ai nói phép thử đã đạt, so với cái gì, và bằng con số nào?

CHƯƠNG 18. THỬ NGHIỆM VÀ ĐO LƯỜNG HIỆU QUẢ

Từ ngày 15/9/2026, ở xã Mường Ảng, tỉnh Điện Biên, những chiếc UAV bắt đầu chở cà phê từ nương xuống điểm tập kết, với tải trọng được công bố là 50 kg/chuyến. Tại một diễn đàn ngày 2/10, Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh cho biết đã có 118 chuyến bay như vậy.[74, 77] Nếu chuyến nào cũng chở đủ 50 kg, đó là 5,9 tấn cà phê. Tuyến này thuộc chương trình thử nghiệm có kiểm soát của Điện Biên (Chương 15, 16).

Con số 118 cho biết số chuyến đã thực hiện, chưa cho biết hiệu quả của cả chuỗi vận chuyển. Trước đây, chừng ấy cà phê xuống núi bằng cách nào, mất bao lâu, tốn bao nhiêu? Có bao nhiêu chuyến đã định mà không bay được vì mưa, vì gió, vì chờ phép? Ai ghi nhật ký bay, ai giữ, ai kiểm? Người trồng cà phê có trả tiền cho dịch vụ này khi hết giai đoạn thử không? Chính đại diện Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh cho rằng những câu hỏi khó nhất chưa nằm ở kỹ thuật: bay ở đâu, ai chịu trách nhiệm, dữ liệu thuộc về ai, sự cố xử lý ra sao.[77]

Ở tỉnh trung du của các chương trước, Sở Y tế đứng trước cùng câu hỏi trước khi ký dự toán cho tuyến chở thuốc: ai nói phép thử đã đạt, so với cái gì, bằng con số nào?

Chương này đặt câu hỏi: khi phép thử kết thúc, dựa vào đâu để biết nó đã chứng minh được gì, chưa chứng minh được gì và nên dừng, sửa hay làm tiếp?

1. Bay được chưa phải là chứng minh được

Không phải chuyến bay thử nào cũng nhằm trả lời cùng một câu hỏi. Một buổi trình diễn cho người khác thấy công nghệ làm được việc. Một phép thử kỹ thuật kiểm tra một chức năng, như máy có giữ được liên lạc qua đèo hay không. Thử nghiệm có kiểm soát được cấp phép theo Nghị định 353/2025/NĐ-CP là một cơ chế pháp lý riêng cho sản phẩm, dịch vụ ứng dụng công nghệ số, có phạm vi, thời hạn và nghĩa

vụ báo cáo xác định (mục 4). Câu hỏi hữu ích nhất để phân biệt chúng là: hoạt động này được thiết kế để tạo ra loại bằng chứng nào, cho quyết định nào?

Câu hỏi của phép thử phải đủ hẹp để kết quả có thể là "không". "UAV có tốt không" là câu hỏi mà kết quả nào cũng có thể coi là "có". "Tuyến chở thuốc có tăng tần suất tiếp tế cho ba trạm từ mỗi tháng một lần lên mỗi tuần một lần, với chi phí mỗi lần không quá mức ngành y tế chịu được, hay không" là câu hỏi mà câu trả lời có thể là "không". Nếu bay được thì gọi là thành công, không bay được thì gọi là bài học, phép thử mất phần lớn giá trị. Điểm a khoản 2 Điều 19 Luật Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo số 93/2025/QH15 yêu cầu khi đánh giá mức độ hoàn thành mục tiêu của chương trình, nhiệm vụ khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo dùng ngân sách nhà nước phải tính đến cả kết quả không thành công nhưng có giá trị học thuật, dữ liệu nền hoặc cơ sở cho nghiên cứu tiếp theo; Chương 15 đã minh họa giá trị của việc dừng một hướng thử khi kết quả không đủ sức thuyết phục.

Mỗi câu hỏi chỉ đúng trong một phạm vi. Kết luận rút ra từ tháng mùa khô chưa nói gì về tháng mưa; một tuyến chạy tốt chưa chứng minh cả mạng; vụ cà phê chưa chứng minh tuyến y tế. Kết luận 99-KL/TW yêu cầu khi áp dụng cơ chế thử nghiệm có kiểm soát phải xác định rõ phạm vi, thời hạn, tiêu chí đánh giá, cơ chế giám sát, điều kiện kết thúc hoặc mở rộng (Chương 16).[2, 75] Chương này đi thêm một bước: biến năm yêu cầu ấy thành những câu hỏi đo được cho từng phép thử.

2. Đo trước khi bay

Mục tiêu giảm thời gian hoặc chi phí mà Điện Biên công bố (Chương 15) là một chỉ tiêu kết quả có ích, vì hướng tới thay đổi trong dịch vụ thay vì chỉ đếm số chuyến.[85] Nhưng nó chỉ kiểm chứng được nếu cách làm truyền thống được đo trước, theo cùng điểm bắt đầu và điểm kết thúc: chuyến cà phê từ nương xuống điểm tập kết phải so với gánh gùi, xe máy hay xe công nông trên cùng quãng ấy, tính từ lúc hái xong đến lúc cân, kể cả công người. Đo cách cũ khi mùa đã qua thì chỉ

còn ước lượng. Ba chỉ tiêu của Điện Biên thuộc ba loại: số chuyến là chỉ tiêu đầu ra, tỷ lệ chuyến an toàn là chỉ tiêu an toàn, mức giảm thời gian hoặc chi phí là chỉ tiêu kết quả. Chỉ tiêu kết quả cần đường cơ sở; hai chỉ tiêu kia cần định nghĩa, mẫu số, phạm vi và cách ghi nhận rõ ràng.[11, 85]

Cách diễn đạt con số cũng phải thống nhất trước. Giả sử kiểm tra một ki-lô-mét đường dây trước kia mất 180 phút, nay còn 9 phút. Viết "nhanh hơn 1.900%" là lấy 171 phút tiết kiệm chia cho 9 phút mới; viết "giảm 95%" là chia cho 180 phút cũ. Cả hai đúng về số học, nhưng chỉ cách thứ hai cho người đọc biết còn lại bao nhiêu phần công việc. Khi hai báo cáo dùng hai mẫu số khác nhau, người quyết định có thể so một con số rất lớn với một con số rất nhỏ mà không biết chúng nói cùng một điều.

Nghiên cứu về dịch vụ giao máu bằng UAV ở Rwanda cho thấy thế nào là đo đúng, và giới hạn của cách đo ấy. Các nhà nghiên cứu Canada và Rwanda phân tích 12.733 đơn máu giao bằng UAV tới 20 cơ sở y tế từ tháng 3/2017 đến hết năm 2019, với số liệu từ năm 2015 làm mốc. Thời gian giao trung bình là 49,6 phút, nhanh hơn 79 phút so với thời gian đi đường bộ ước tính. Khoản tiết kiệm dao động từ 3 đến 211 phút tùy khoảng cách và chất lượng đường; con số trung bình che mất một điều: lợi ích nằm chủ yếu ở những cơ sở xa, đường xấu. Số đơn vị máu hết hạn giảm khoảng 7,1 đơn vị mỗi tháng, tức giảm 67% sau mười hai tháng. Nhưng thời gian đường bộ chỉ là ước tính, không đo thực tế, và hiệu quả chi phí chưa được đánh giá; chính nhóm nghiên cứu đề nghị nghiên cứu tiếp phần ấy.[125] Một nghiên cứu tốt vẫn nói rõ điều nó chưa chứng minh.

Bảng 18.1 cho thấy một kế hoạch đo cho tuyến chở thuốc của tỉnh trung du. Cách đơn giản nhất để chọn chỉ số là hỏi: nếu con số này thay đổi, quyết định nào sẽ thay đổi? Không trả lời được thì chưa cần đo.

BẢNG 18.1. Kế hoạch đo cho tuyến chở thuốc: mỗi con số phải gắn với một quyết định

Câu hỏi	So với (đường cơ sở)	Đo gì	Ai ghi, ai giữ, ai kiểm	Giới hạn của kết luận	Dùng cho quyết định nào
Trạm được tiếp tế nhanh và thường xuyên hơn không?	Cách tiếp tế hiện nay, đo 2–3 tháng trước khi bay	Thời gian từ lúc trạm gọi đến lúc nhận; số lần tiếp tế mỗi tháng	Trạm ghi sổ; Trung tâm Y tế giữ; Sở Y tế kiểm	Chỉ cho ba trạm, mùa đã thử	Có đặt hàng tiếp không
Chi phí có ở mức ngành chịu được không?	Chi phí xe, người, thời gian của cách cũ	Chi phí mỗi lần tiếp tế đạt yêu cầu, kể cả chuyến hủy, bay lại	Doanh nghiệp lập; Sở Tài chính, Sở Y tế rà soát	Ở số chuyến đã đạt trong thử nghiệm	Đơn giá đặt hàng
Mẫu xét nghiệm có còn dùng được khi tới nơi không?	Tỷ lệ mẫu hỏng khi đi đường bộ	Số mẫu bị loại tại phòng xét nghiệm	Phòng xét nghiệm ghi và giữ	Theo loại mẫu đã chở	Có thêm mẫu xét nghiệm vào tuyến không
Hoạt động có đủ an toàn và ổn định không?	Mức chấp nhận ngành y tế và cơ quan quân sự đặt trước	Sự cố, suýt sự cố, mất liên lạc, chuyến hủy, can thiệp của người điều khiển	Doanh nghiệp ghi; Sở Khoa học và Công nghệ giữ bản sao; kiểm tra đột xuất	Trong cấu hình máy, phần mềm, thời tiết đã thử	Tiếp tục, tạm dừng hay mở rộng tuyến
Người dân dọc tuyến có chấp nhận không?	Trước khi bay: khảo sát nhanh ở các thôn dọc tuyến	Phản ánh về tiếng ồn, quyền riêng tư, an toàn	Ủy ban nhân dân xã ghi; Sở Y tế tổng hợp	Ở tần suất bay đã thử	Giữ tuyến hay đổi tuyến, đổi giờ bay

Nguồn: các tác giả; phân công chỉ để minh họa, *không phải mẫu biểu* hay *phân cấp trách nhiệm bắt buộc.*

3. Khi kế hoạch đo chuyển thành vận hành thật

Kế hoạch trên giấy khi đem ra bay thật thường vấp ở năm chỗ.

Chỗ thứ nhất là chi phí và thời gian. Người dùng không mua một chuyến bay; họ mua một kết quả. Tổng chi phí thực tế bao gồm cả nhân lực chuẩn bị, bảo trì, xử lý dữ liệu, chuyến phải bay lại và những ngày máy không bay được, như Chương 14 đã tính. Thời gian thật tính từ lúc có yêu cầu đến lúc người dùng nhận kết quả, không chỉ thời gian máy ở trên không. Một báo cáo chỉ ghi các chuyến đã hoàn thành sẽ mô tả hệ thống trong những ngày nó bay được, trong khi người đặt hàng cần biết nó phục vụ ổn định đến đâu trong cả mùa.

Chỗ thứ hai là đầu ra có dùng được không. Ảnh rõ, bản đồ chi tiết vẫn vô ích nếu đến muộn, không khớp với hệ thống quản lý của ngành, hay người dùng vẫn phải cử người đi kiểm tra lại bằng cách cũ; phép thử nên đếm số lần như thế. Nếu dữ liệu chỉ đủ để khoanh vùng ưu tiên, kết luận cũng chỉ nên nói đến đó. Với tuyến chở mẫu xét nghiệm, câu hỏi cụ thể là phòng xét nghiệm nhận hay loại bao nhiêu mẫu.

Chỗ thứ ba là ai tạo ra con số. Doanh nghiệp thường nắm dữ liệu vận hành chi tiết nhất và có lý do chính đáng để tự theo dõi. Nhưng con số dùng để quyết định một khoản đặt hàng nhiều năm phải truy được về nhật ký gốc, để biết mọi chuyến đều được ghi hay chỉ chuyến thành công, chuyến hủy có được lưu không, có kết quả xấu nào bị loại vì bị coi là "ngoại lệ kỹ thuật". Quyết định càng khó đảo ngược thì người tạo ra con số, người giữ dữ liệu và người đánh giá càng nên tách nhau. Nghiên cứu ở Rwanda đáng tin một phần vì số liệu về máu hết hạn lấy từ hồ sơ hành chính hằng tháng của hệ thống y tế, không từ người vận hành.[125]

Chỗ thứ tư là thay đổi cấu hình giữa chừng. Phần mềm được sửa, pin được thay, quy trình được chỉnh sau vài lần trục trặc; đó là việc bình thường của một phép thử. Vấn đề là dữ liệu trước và sau thay đổi có được cộng chung để chứng minh một kết luận hay không. Mỗi phép thử cần ghi cấu hình ban đầu, một sổ ghi thay đổi, và quy ước thay đổi nào thì phải xem lại hoặc thử thêm.

Chỗ thứ năm là an toàn và người dân, nơi "không có gì xảy ra" dễ bị diễn giải quá đà. Trước hết phải định nghĩa thế nào là một chuyến "an toàn" và ghi đủ cả chuyến không đạt; số chuyến không đạt không đồng nghĩa với số vụ tai nạn, và chỉ tiêu của một chương trình không phải ngưỡng an toàn pháp lý chung.[11] Chiều ngược lại, một chuỗi chuyến không sự cố chứng minh ít hơn người ta tưởng: theo quy tắc ba (Chương 15, mục 3), n lần thử không sự cố chỉ cho phép nói, với độ tin cậy 95%, tỷ lệ sự cố thật dưới khoảng 3/n, nên số chuyến cần bay và số khiếm khuyết cần đối chứng phải được tính từ khi thiết kế phép thử.[124] Phép tính ấy không thay thế phân tích rủi ro hàng không.

Với người dân, Canberra là một bài học. Năm 2018, Wing thử giao hàng ở khu Bonython; một năm sau, cuộc điều trần của Hội đồng lập pháp Lãnh thổ Thủ đô Úc nhận 150 ý kiến công chúng, phần lớn phàn nàn về tiếng ồn, và thấy không cơ quan nào trực tiếp quản lý tiếng ồn của UAV. Cơ quan quản lý liên bang chuyển từ coi loại máy này được miễn sang xem xét đưa UAV vào thủ tục phê duyệt tiếng ồn.[108] Kỹ thuật đạt mà người dân không chấp nhận thì kết luận vẫn chưa đủ. Phép thử không cần đo mọi tác động xã hội và môi trường, chỉ cần đo tác động có thể làm đổi quyết định: tuyến bay qua rừng xa dân khác tuyến bay qua chợ. Cũng đừng gộp thời gian, chi phí, an toàn và sự chấp nhận của người dân thành một điểm tổng hợp: lợi ích lớn về thời gian và một phiền hà thật với cộng đồng có thể cùng đúng, và người quyết định cần thấy cả hai.

HỘP 18.1. NĂM ĐIỀU KHÔNG ĐƯỢC ĐÁNH ĐỒNG

Chi phí một chuyến thấp chưa có nghĩa là chi phí thật để có cùng kết quả cũng thấp. Thời gian bay ngắn chưa phải dịch vụ từ đầu đến cuối nhanh. Ảnh rõ, dữ liệu chi tiết chưa phải đầu ra dùng được cho quyết định. Không ghi nhận sự cố chưa phải đã chứng minh an toàn. Không phát thải tại chỗ chưa phải tác động môi trường thấp, khi còn tiếng ồn, pin và hạ tầng sạc.

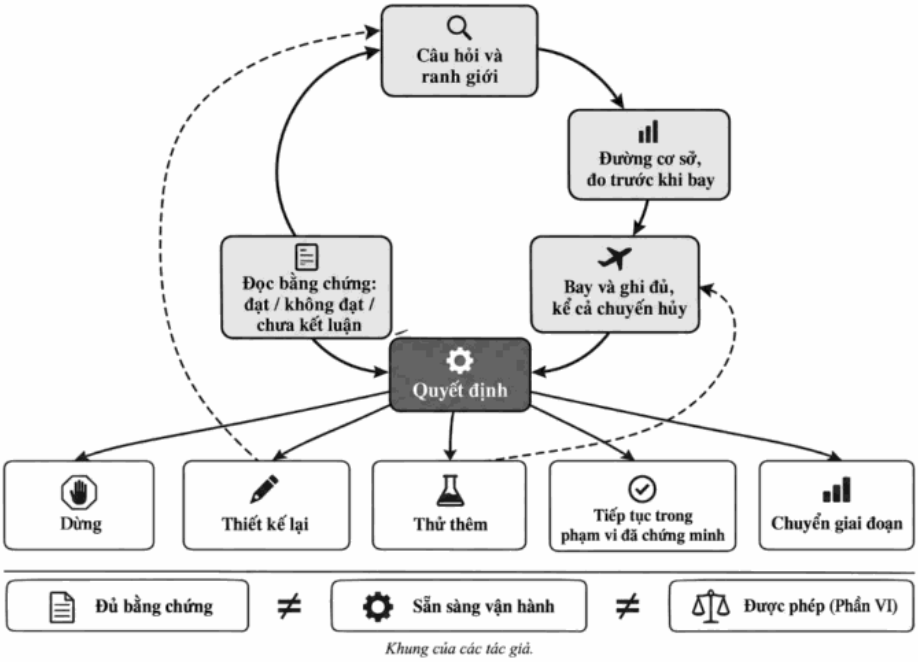
4. Đi tới đâu sau mỗi phép thử

Ba điều kiện hay bị gộp làm một. Đủ bằng chứng nghĩa là phép thử đã cho biết điều nó được thiết kế để kiểm chứng, trong ranh giới đã định. Sẵn sàng vận hành nghĩa là dịch vụ chạy ổn định mà không cần những hỗ trợ đặc biệt của giai đoạn thử. Được phép là đã có đầy đủ các chấp thuận, giấy phép và điều kiện pháp lý thích hợp cho hoạt động dự kiến; việc chứng nhận hoàn thành thử nghiệm (nếu thuộc cơ chế đó) không tự thay thế các điều kiện này. Biết đủ chưa chắc đã làm ổn; làm ổn chưa chắc đã được phép. Phần VI của cuốn sách bàn điều kiện thứ ba.

Chương 16 đã yêu cầu viết sẵn ba ngả dừng, điều chỉnh và mở rộng vào văn bản khởi động. Khi đọc bằng chứng, ba ngả ấy tách thành năm. Dừng thử nghiệm khi đã có đủ bằng chứng cho thấy phương án không phù hợp: giả thuyết không được kết quả thử nghiệm xác nhận, hay chi phí để sửa không còn hợp lý; dừng ở thời điểm đó giúp dành nguồn lực cho những nhiệm vụ khác, không phải thất bại quản trị. Thiết kế lại khi bài toán vẫn đáng giải nhưng cách làm chưa đúng: đổi tuyến, đổi giờ bay, đổi loại máy, hay đổi chính phép đo. Thử thêm khi câu hỏi đáng trả lời nhưng bằng chứng còn mỏng: quá ít chuyến, thời gian quan sát ngắn, chưa qua mùa mưa, hay cấu hình thay đổi giữa chừng. Thử thêm chỉ chính đáng khi đã chỉ ra thiếu bằng chứng gì. Tiếp tục trong phạm vi đã chứng minh khi bằng chứng đủ cho đúng tuyến, đúng mùa, đúng loại việc đã thử nhưng chưa đủ để mở rộng; ngả này phá được lối nghĩ "hoặc thất bại, hoặc nhân rộng". Chuyển giai đoạn khi bằng chứng đủ mạnh để xem xét bước tiếp theo: phương án đặt hàng thường xuyên, mở tuyến hay hồ sơ pháp lý tương ứng. Nói đúng là "đủ để xem xét",

không phải "đủ điều kiện thương mại hóa". Chương 15 phân biệt ba trạng thái kết quả; năm ngả ở đây chuyển chúng thành quyết định quản trị (Hình 18.1).

Một kế hoạch đo cũng có thể bị bỏ dở giữa chừng. Sau chương trình thí điểm tích hợp tàu bay không người lái mà Chương 16 đã nhắc, Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ mở chương trình BEYOND năm 2020, với một mục tiêu là thu thập dữ liệu về lợi ích kinh tế, xã hội và ý kiến cộng đồng. Báo cáo kiểm toán của Văn phòng Tổng Thanh tra Bộ Giao thông Hoa Kỳ ngày 30/6/2025 ghi nhận cơ quan này đã ngừng thu thập loại dữ liệu ấy. Báo cáo nhận định phần lớn các bên chủ trì không đạt phần lớn trong sáu chỉ số vận hành; trong hơn 44.000 chuyến bay ngoài tầm nhìn thuộc chương trình, chỉ 763 chuyến (chưa tới 2%) được thực hiện không cần người quan sát.[39]



Khung của các tác giả.

Hình 18.1. Từ câu hỏi đến quyết định: một vòng học có năm lối ra

Ở cấp tỉnh, việc đánh giá vì thế nên được tổ chức như một nhiệm vụ riêng, không giao trọn cho đơn vị vận hành. Cơ quan được giao chủ

trì chương trình, chẳng hạn Sở Khoa học và Công nghệ, đề xuất một nhóm đánh giá gồm đại diện người sử dụng hoặc đặt hàng, cơ quan tài chính, cơ quan liên quan đến an toàn bay và chuyên gia độc lập. Nhóm này nên thống nhất kế hoạch đo từ trước, có quyền tiếp cận dữ liệu gốc trong phạm vi được giao và tham gia sơ kết, tổng kết. Việc kiểm tra theo thẩm quyền vẫn do cơ quan nhà nước thực hiện. Kinh phí đánh giá nên tách khỏi kinh phí vận hành, để người đánh giá không phụ thuộc người được đánh giá.

Ở Việt Nam, Nghị định 353/2025/NĐ-CP đã quy định cụ thể việc báo cáo và giám sát một chương trình thử nghiệm có kiểm soát: tổ chức, doanh nghiệp báo cáo định kỳ sáu tháng, khi kết thúc và đột xuất (khoản 1 Điều 34); nghị định cũng quy định việc kiểm tra thực tế, yêu cầu bổ sung biện pháp kiểm soát rủi ro, tạm dừng, kết thúc thử nghiệm và chứng nhận hoàn thành (Điều 19–21, 32, 33). Chứng nhận hoàn thành không tự tạo quyền thực hiện dịch vụ UAV thường xuyên, càng không thay thế phép bay. Báo cáo sơ kết và tổng kết cần trả lời những câu hỏi đã đặt ra khi thiết kế phép thử, có số liệu truy được và nêu rõ giới hạn của quyết định đề xuất. Một bản tổng kết chỉ đếm số chuyến, buổi tập huấn và lời cảm ơn các đơn vị phối hợp sẽ khó giúp Sở Y tế quyết định có lập dự toán đặt hàng hay không. Với doanh nghiệp, đây còn là năng lực chứng minh giá trị: video giúp khách hàng thấy công nghệ, còn bằng chứng giúp họ biết mình sẽ nhận được kết quả gì.

KẾT CHƯƠNG

Tháng 6/2027, Sở Y tế của tỉnh trung du nhận báo cáo tổng kết tuyến chở thuốc. Thời gian tiếp tế giảm rõ ở ba trạm, nhưng những tuần đầu mùa mưa đã có nhiều chuyến hủy hơn dự tính; chi phí mỗi lần tiếp tế đạt yêu cầu cao hơn đơn giá mà ngành định trả; chưa có sự cố, nhưng số chuyến còn quá ít để nói gì chắc chắn về an toàn. Sở đề xuất tiếp tục trong phạm vi đã có bằng chứng, chỉ ở mùa khô và chỉ với thuốc; đồng

thời thử thêm mẫu xét nghiệm qua trọn một mùa mưa, với điều kiện có các chấp thuận cần thiết, và ghi rõ chưa đề xuất mở thêm tuyến.

Tỉnh trung du và báo cáo tháng 6/2027 là tình huống giả định*; số liệu về Điện Biên, Rwanda, Canberra và chương trình BEYOND lấy từ nguồn đã công bố.*

Một quyết định như vậy có căn cứ về bằng chứng. Nhưng có bằng chứng chưa có nghĩa là được phép làm. Trước khi tuyến chở thuốc thành dịch vụ thường xuyên, tỉnh còn phải trả lời một câu hỏi khác: hệ thống pháp luật thực sự yêu cầu những gì đối với phương tiện, chủ thể, chuyến bay và không gian hoạt động?

PHẦN VI
CẨM NANG PHÁP LÝ VÀ THỦ TỤC TẠI VIỆT NAM

CHƯƠNG 19. BẢN ĐỒ PHÁP LÝ VỀ UAV

Câu hỏi khép lại Chương 18 không chỉ là của Sở Y tế tỉnh trung du. Ai muốn đưa UAV vào làm việc thường xuyên rồi cũng gặp phải, và thường gặp khi hợp đồng đã ký.

Sáng thứ Ba cuối tháng 10/2026, tức tám tháng trước bản báo cáo ở Chương 18, công ty kiểm tra tài sản ở các chương trước họp về một hợp đồng ở mảng mới. Ban quản lý đường bộ của tỉnh thuê công ty kiểm tra mười bốn cây cầu trên một tuyến tỉnh lộ dài khoảng 60 km, mỗi tháng một lượt, trong mười hai tháng, bắt đầu từ ngày 16/11. Công ty có hai chiếc UAV nhiều cánh quạt nặng khoảng 6,5 kg khi cất cánh, mua qua nhà phân phối từ năm 2025 và một chiếc 0,9 kg để chụp nhanh. Ba người điều khiển đã bay cho công ty hai năm, học nghề ngay trong công ty. Đợt thí điểm trên đường dây ở Chương 15 diễn ra trước tháng 7/2026, khi việc khai thác chưa bắt buộc phải có giấy chứng nhận đăng ký và giấy phép điều khiển; với mảng cầu, bộ giấy tờ ấy phải làm từ đầu.

Giám đốc vào thẳng việc: "Hợp đồng ký rồi, máy có, người có. Còn thiếu gì để ngày 16 bay?"

Chị Hà, người phụ trách pháp chế, không trả lời bằng tên một tờ giấy mà bằng năm câu hỏi. Ba chiếc máy đã đăng ký chưa, khi từ tháng 7 năm nay giấy chứng nhận đăng ký đã thành điều kiện bắt buộc để khai thác? Ba người điều khiển có giấy phép chưa, khi máy từ 2 kg trở lên thuộc diện giấy phép điều khiển quan sát bằng thiết bị, phải học cả lý thuyết lẫn thực hành? Công ty đã có giấy chứng nhận đủ điều kiện kinh

doanh của Bộ Quốc phòng (BQP) chưa? Ai sẽ cấp phép bay, khi trụ tháp của một cây cầu cao gần 70 m buộc máy phải lên quá 50 m, còn hai cây cầu khác nằm gần hướng cất hạ cánh của sân bay? Và lịch mười hai lượt kiểm tra phải bố trí hồ sơ ra sao, khi thời hạn tối đa cho một phép bay theo nhóm công việc này là 30 ngày?

Người phụ trách kinh doanh tính nhẩm trên lề hợp đồng. Muốn bay ngày 16/11, theo mốc tối thiểu của nghị định, hồ sơ phải nộp chậm nhất ngày 9/11; hai cây cầu gần sân bay còn phải sớm hơn nếu cần thông báo hàng không. Chương 20 sẽ cho thấy vì sao nộp đúng mốc ấy vẫn là muộn. Nhưng đơn đề nghị cấp phép bay có ô ghi số đăng ký phương tiện và ô ghi số giấy phép của người điều khiển, hai thứ công ty chưa có. Giám đốc đặt bút xuống: "Vậy là mình không thiếu một tờ giấy. Mình thiếu một cái lịch."

Công ty, cuộc họp và trang lịch ở cuối chương là tình huống tổng hợp; các mốc ngày, thời hạn và thẩm quyền lấy từ văn bản dẫn trong chương.

Chương này đặt câu hỏi: *muốn đưa một chiếc UAV vào làm việc hợp pháp ở Việt Nam, phải đối chiếu những lớp điều kiện pháp lý nào, ai có thẩm quyền ở từng lớp và lớp nào gắn với từng nhiệm vụ?*

1. Khung pháp luật về UAV tại Việt Nam và thẩm quyền của các cơ quan quản lý

Bay ở đâu, ai chịu trách nhiệm, dữ liệu thuộc về ai, sự cố xử lý ra sao: những câu hỏi Điện Biên nêu ở Chương 18 nay hầu hết đã có câu trả lời, nhưng nằm rải rác trong nhiều văn bản.

Cơ sở pháp lý quan trọng của hệ thống quản lý là Luật Phòng không nhân dân (PKND) số 49/2024/QH15, có hiệu lực từ ngày 1/7/2025. Luật Phòng không nhân dân là khung quản lý trực tiếp đối với UAV; các quy định liên quan của pháp luật hàng không dân dụng phải được xem xét theo đúng phạm vi áp dụng. Về thẩm quyền phòng không,

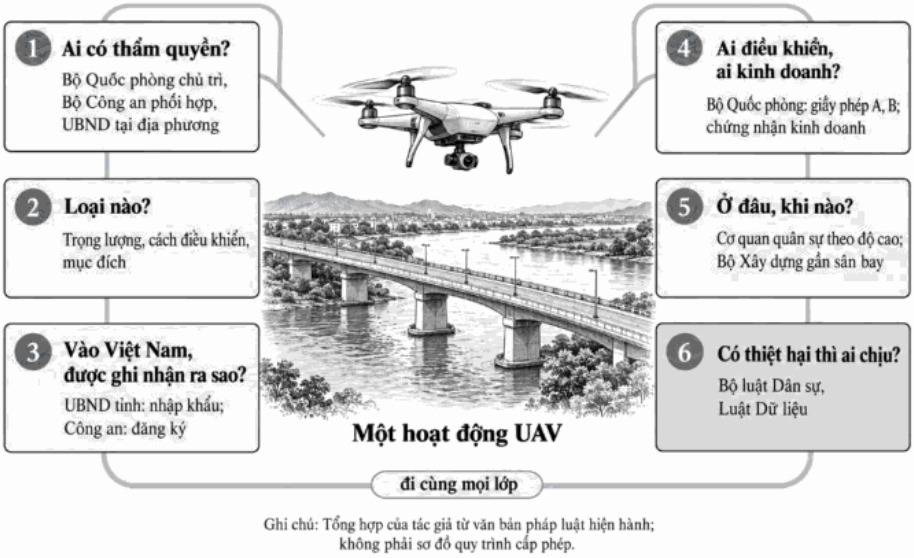
Chính phủ thống nhất quản lý, Bộ Quốc phòng chịu trách nhiệm trước Chính phủ, Bộ Công an (BCA) phối hợp, Ủy ban nhân dân (UBND) các cấp quản lý tại địa phương (Điều 8). Luật số 98/2025/QH15 và Luật số 14/2026/QH16 (hiệu lực từ ngày 1/9/2026) đã sửa một số điều của luật này. Theo khoản 2 Điều 47 (sửa bởi Luật 98/2025/QH15), nghĩa vụ đăng ký phương tiện (khoản 1 Điều 29) và yêu cầu người điều khiển có giấy phép (điểm c khoản 2 Điều 31, Điều 32) có hiệu lực từ ngày 1/7/2026, cùng mốc với điều kiện phải có giấy chứng nhận đăng ký và giấy phép điều khiển bay khi khai thác theo Nghị định 288 (Điều 19 khoản 1, 3).

Nghị định 288/2025/NĐ-CP, hiệu lực từ ngày 5/11/2025 và thay Nghị định 36/2008, quy định chi tiết phân loại, nhập khẩu, cơ sở sản xuất, kinh doanh, đăng ký, phép bay và giấy phép người điều khiển, kèm mười ba mẫu biểu.[72] Thông tư 39/2025/TT-BQP ban hành danh mục tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật; Thông tư 78/2026/TT-BCA quy định việc đăng ký tại công an từ ngày 20/7/2026; Thông tư 146/2025/TT-BQP quy định chương trình đào tạo người điều khiển và phân cấp giải quyết thủ tục cấp phép bay, cấp giấy phép điều khiển trong Bộ Quốc phòng.[6] Xử phạt vi phạm hành chính liên quan UAV nằm ở Điều 8 Nghị định 282/2025/NĐ-CP, có hiệu lực từ ngày 15/12/2025 và được sửa một điểm từ ngày 15/9/2026 theo Nghị định 347/2026/NĐ-CP (Hộp 19.1).

Một văn bản liên quan khác là Luật Hàng không dân dụng Việt Nam số 130/2025/QH15, hiệu lực từ ngày 1/7/2026. Luật xác định "tàu bay" không bao gồm tàu bay không người lái và phương tiện bay khác theo Luật Phòng không nhân dân (Điều 2 khoản 30), nhưng lần đầu đưa vào khái niệm "vận tải hàng không tầm thấp", tức dùng UAV để vận tải hàng không thương mại hoặc chuyên dùng (khoản 34), và giao Chính phủ quy định việc áp dụng luật này cho hoạt động ấy (Điều 105).

Từ các văn bản nêu trên, mỗi hoạt động UAV cần làm rõ sáu vấn đề: ai có thẩm quyền, máy và việc bay thuộc loại nào, máy vào Việt

Nam và được ghi nhận ra sao, ai được điều khiển và kinh doanh, bay ở đâu và khi nào, có thiệt hại thì ai chịu. Sáu vấn đề này không tương ứng với sáu loại giấy tờ riêng biệt: có vấn đề được giải quyết bằng một văn bản, có vấn đề bằng một điều kiện phải tự đáp ứng, có vấn đề không giấy tờ nào giải quyết được. Các cơ quan cần đối chiếu là Bộ Quốc phòng, Bộ Công an, Ủy ban nhân dân cấp tỉnh và Bộ Xây dựng (BXD) khi bay ở khu vực ảnh hưởng tới hàng không dân dụng (Hình 19.1); Bảng 19.1 gắn mỗi lớp với điều khoản, cơ quan và thời hạn.



Ghi chú: Tổng hợp của tác giả từ văn bản pháp luật hiện hành; không phải sơ đồ quy trình cấp phép.

Hình 19.1. Sáu câu hỏi pháp lý của một hoạt động UAV và nơi trả lời

BẢNG 19.1. Mười lớp pháp lý của một hoạt động UAV

Lớp	Căn cứ chính	Ai quyết định	Kết quả	Thời hạn, mốc cần nhớ
Phân loại	NĐ 288 Điều 4	Người khai thác tự xác định; cơ quan cấp phép đối chiếu	Quyết định loại giấy phép điều khiển, hạn dùng phép bay	5 loại trọng lượng, 8 nhóm mục đích
Nhập khẩu	Luật PKND Điều 27 (khoản 3 sửa năm	UBND cấp tỉnh, sau khi có ý kiến thống nhất bằng	Giấy phép nhập khẩu	3 + 5 + 3 ngày làm việc

	2026); NĐ 288 Điều 5–9	văn bản của BQP, BCA		
Tiêu chuẩn	Luật PKND Điều 28, 29; TT 39/2025	Bộ Quốc phòng ban hành, công nhận	Điều kiện nhập khẩu, đăng ký	Lộ trình 2025–2028
Cơ sở nghiên cứu, sản xuất, sửa chữa	NĐ 288 Điều 10–13	Tổng cục Công nghiệp quốc phòng (BQP phân cấp, TT 146 Điều 7), sau ý kiến BCA	Chứng nhận đủ điều kiện cơ sở	Ít nhất 3 nhân sự kỹ thuật hàng không
Kinh doanh	NĐ 288 Điều 14–17	Bộ Chỉ huy quân sự (CHQS) cấp tỉnh, Bộ Tư lệnh (BTL) Thủ đô Hà Nội (TT 146 Điều 8); phối hợp Công an tỉnh	Chứng nhận đủ điều kiện kinh doanh	3 + 5 + 3 ngày làm việc
Đăng ký	Luật PKND Điều 29; NĐ 288 Điều 18; TT 78/2026	Công an cấp tỉnh (cấp xã nếu được phân cấp, máy dưới 2 kg)	Giấy chứng nhận đăng ký, thiết bị quản lý hoạt động bay	Bắt buộc từ 1/7/2026 (Luật, Điều 47 khoản 2; NĐ 288, Điều 19)
Người điều khiển	Luật PKND Điều 31, 32; NĐ 288 Điều 19, 27–29; TT 146/2025	Bộ Quốc phòng, theo đề nghị cơ sở đào tạo	Giấy phép hạng A hoặc B	Bắt buộc từ 1/7/2026 (Luật, Điều 47 khoản 2; NĐ 288, Điều 19); hiệu lực 10 năm
Phép bay	Luật PKND Điều 30; NĐ 288 Điều 21–24; TT 146/2025	Cơ quan quân sự theo TT 146 Điều 9; lấy ý kiến BXD khi luật định	Phép bay cho từng nhiệm vụ	Tối đa 30 ngày; một số loại hoạt động dài hơn (NĐ 288 Điều 21 khoản 4)
Tổ chức bay	Luật PKND Điều 33–35; NĐ 288 Điều 25	Cơ quan, đơn vị hiệp đồng, giám sát theo phạm vi	Hiệp đồng, dự báo bay, giám sát	Hiệp đồng chậm nhất 24 giờ trước khi bay

Trách nhiệm	Bộ luật Dân sự; Luật Dữ liệu; Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân; NĐ 282/2025	Tòa án; cơ quan xử phạt	Bồi thường, xử phạt	Mỗi loại trách nhiệm một thời hiệu riêng

Nguồn: Bộ luật Dân sự 2015; Luật Phòng không nhân dân 2024; Luật Dữ liệu; Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân; Luật 98/2025/QH15; Luật Hàng không dân dụng Việt Nam 2025; Nghị định 146/2025, 282/2025, 288/2025, 347/2026; Thông tư 39/2025/TT-BQP, 146/2025/TT-BQP, 78/2026/TT-BCA; Quyết định 241/QĐ-BQP[6]*; đối chiếu đến ngày 18/10/2026*, gồm văn bản hợp nhất Luật Phòng không nhân dân ngày 17/9/2026. *Phân cấp phép bay đối chiếu Điều 9 Thông tư 146/2025/TT-BQP; thẩm quyền nhập khẩu* theo khoản 3 Điều 27 Luật Phòng không nhân dân (sửa bởi Luật 14/2026/QH16), *đối chiếu thêm Điều 30 Nghị định 146/2025/NĐ-CP; diễn biến xử phạt đối chiếu thêm Nghị định 347/2026/NĐ-CP.*

Con số trong bảng đúng tại ngày đối chiếu; còn việc giao đăng ký và cấp phép bay cho các cơ quan khác nhau thì ít thay đổi hơn. Khi lập kế hoạch, hãy đọc cột "ai quyết định" trước và kiểm lại cột thời hạn mỗi lần (Bảng 19.2).

BẢNG 19.2. Những mốc hiệu lực cần nhớ

Ngày	Việc gì bắt đầu có hiệu lực
1/7/2025	Luật Phòng không nhân dân có hiệu lực, trừ các quy định lùi sang 1/7/2026 theo khoản 2 Điều 47
21/7/2025	Danh mục tiêu chuẩn, quy chuẩn (TT 39/2025) có hiệu lực; từng tiêu chuẩn theo lộ trình riêng
5/11/2025	Nghị định 288 có hiệu lực, thay Nghị định 36/2008
15/12/2025	Nghị định 282 về xử phạt có hiệu lực
25/12/2025	TT 146/2025: đào tạo người điều khiển; phân cấp cấp phép bay, cấp giấy phép điều khiển
1/7/2026	Nghĩa vụ đăng ký (Luật, khoản 1 Điều 29) và giấy phép người điều khiển (điểm c khoản 2 Điều 31, Điều 32) có

	hiệu lực, cùng điều kiện khai thác ở NĐ 288, Điều 19 khoản 1, 3; Luật Hàng không dân dụng 2025 có hiệu lực
20/7/2026	Đăng ký tại công an theo TT 78/2026, kèm thiết bị quản lý hoạt động bay
1/9/2026	Luật 14/2026/QH16 có hiệu lực: UBND cấp tỉnh cấp phép nhập khẩu theo luật (Điều 27 khoản 3); sửa thẩm quyền đình chỉ bay, chế áp, tạm giữ (Điều 33, 34)
15/9/2026	NĐ 347/2026 (Điều 34) sửa điểm đ khoản 2 Điều 8 NĐ 282/2025: hành vi bay sai nội dung phép đã cấp
1/7/2028	Tiêu chuẩn nhận dạng từ xa ISO 23629-8 trong danh mục TT 39 bắt đầu áp dụng

2. Hai mốc 0,25 kg và 2 kg quyết định loại giấy phép; mục đích bay quyết định phép bay dùng được bao lâu

Nghị định 288 phân loại UAV theo ba trục cùng lúc (Điều 4): năm loại theo trọng lượng cất cánh với các mốc 0,25 kg, 2 kg, 25 kg và 150 kg; hai cách điều khiển, quan sát bằng mắt hay qua thiết bị; và tám nhóm mục đích, từ thương mại, nông nghiệp, đo đạc khảo sát, giải trí, nghiên cứu, huấn luyện tới công vụ. Mỗi trục quyết định một thứ giấy.

Mốc 0,25 kg quyết định quyền được miễn. Luật chỉ miễn cấp phép bay cho UAV dưới 0,25 kg khi đủ cả ba điều kiện: bay ngoài khu vực cấm và khu vực hạn chế bay, trong tầm nhìn bằng mắt, và để vui chơi giải trí (Điều 30 khoản 3); khi đó cũng không cần giấy phép người điều khiển (Điều 32 khoản 2), và nghị định cho phép người chưa đủ 18 tuổi điều khiển (Điều 19 khoản 2). Cũng chiếc máy ấy, dùng quay phim nhận tiền thì không còn là giải trí, và không còn được miễn. Câu hỏi đúng không phải "máy nhẹ bao nhiêu" mà là "máy nhẹ, bay để làm gì, bay ở đâu".

Mốc 2 kg và cách điều khiển quyết định loại giấy phép. Hạng A, quan sát bằng mắt, dành cho máy từ 0,25 đến dưới 2 kg bay trong tầm nhìn. Hạng B, quan sát bằng thiết bị, bắt buộc khi máy từ 2 kg trở lên, hoặc bay ngoài tầm nhìn, hoặc bay theo chương trình cài sẵn qua bộ điều khiển trung tâm (Điều 19 khoản 3, Điều 27). Hai hạng khác cả cách

học: hạng A cần học lý thuyết và đạt kiểm tra; hạng B đòi thêm thực hành và sát hạch (Điều 28). Với công ty trong cuộc họp, hai chiếc 6,5 kg đòi hạng B cho bất cứ ai cầm bộ điều khiển; chiếc 0,9 kg bay trong tầm nhìn cần hạng A, và vẫn phải đăng ký, vẫn cần phép bay.

Trục mục đích quyết định hạn dùng của phép bay: tối đa 30 ngày cho một hoạt động bay; 180 ngày nếu là công vụ hoặc phục vụ nông nghiệp; 360 ngày tại khu vực bay truyền thống (Điều 21 khoản 4). Việc kiểm tra cầu trong tình huống này được xếp vào đo đạc, khảo sát, nên công ty lập kế hoạch theo mức tối đa 30 ngày. Nghị định không định nghĩa "công vụ", nên doanh nghiệp làm thuê cho cơ quan nhà nước không nên tự xếp việc của mình vào nhóm ấy để hưởng hạn 180 ngày.

3. Phương tiện và người điều khiển cần giấy của ba nơi: tỉnh cho nhập khẩu, công an cho đăng ký, quân đội cho giấy phép

Người nhập khẩu UAV phải là tổ chức, cá nhân được phép kinh doanh UAV (Luật Phòng không nhân dân, Điều 27 khoản 1), và hồ sơ phải kèm giấy chứng nhận đủ điều kiện kinh doanh hoặc sản xuất (Nghị định 288, Điều 7). Theo nghị định, Ủy ban nhân dân cấp tỉnh cấp phép nhập khẩu, tạm nhập tái xuất sau khi Bộ Quốc phòng cho ý kiến về tiêu chuẩn và Bộ Công an cho ý kiến về người nhập, số lượng, mục đích (Điều 6); trên giấy, cả vòng mất ba ngày làm việc để tỉnh chuyển hồ sơ, năm ngày để hai bộ trả lời, ba ngày để tỉnh quyết định (Điều 8). Người nhập không được có tiền án về tội xâm phạm an ninh quốc gia hay từng bị xử lý hình sự về hành vi dùng phương tiện bay gây hại, phải lưu hồ sơ và cung cấp khi cơ quan quân sự, công an yêu cầu (Điều 5). Trước đây thẩm quyền này dựa trên phân quyền tại khoản 1 Điều 30 Nghị định 146/2025/NĐ-CP. Từ ngày 1/9/2026, Luật số 14/2026/QH16 ghi thẳng vào khoản 3 Điều 27: Ủy ban nhân dân cấp tỉnh cấp phép nhập khẩu, tạm nhập tái xuất, tạm xuất tái nhập UAV, sau khi có ý kiến thống nhất bằng văn bản của Bộ Quốc phòng và Bộ Công an. Nghị định 288 quy định trình tự thực hiện.

Thông tư 39/2025 là danh mục tiêu chuẩn cho phương tiện nhập khẩu và cho hoạt động nghiên cứu, sản xuất, sửa chữa. Ở nhóm đủ điều kiện bay, phương tiện phải đáp ứng tối thiểu một trong bốn bộ chuẩn nước ngoài: quy định của Hoa Kỳ, tiêu chuẩn quốc gia Nga, các quy định của Liên minh châu Âu năm 2024 hoặc tiêu chuẩn quốc gia Trung Quốc GB 42590-2023; muốn xin miễn thì phải đáp ứng sáu điều của chuẩn Trung Quốc, trong đó có hàng rào địa lý, cảm biến tránh va chạm và bảo vệ liên kết dữ liệu. Chuẩn nào bắt buộc, theo lộ trình nào, phải xác định theo đúng nhóm phương tiện; mua UAV phục vụ kinh doanh vì thế cần tính cả việc chuẩn bị hồ sơ kỹ thuật tương ứng.

Ai nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm, sản xuất, sửa chữa UAV, kể cả phòng thí nghiệm đại học, phải có giấy chứng nhận đủ điều kiện cơ sở do Bộ Quốc phòng cấp, với ít nhất ba nhân sự được đào tạo kỹ thuật hàng không (Nghị định 288, Điều 10, 11). Ai kinh doanh UAV phải có giấy chứng nhận đủ điều kiện kinh doanh, do Bộ Chỉ huy quân sự cấp tỉnh hoặc Bộ Tư lệnh Thủ đô Hà Nội cấp theo phân cấp của Bộ Quốc phòng (Thông tư 146, Điều 8), và phải lưu hồ sơ người mua, người thuê (Điều 14, 15). Điều 14 nhắc riêng tới "kinh doanh cung cấp dịch vụ bay", nên doanh nghiệp chỉ bán dịch vụ, như công ty kiểm tra cầu, cần hỏi rõ về giấy này thay vì mặc định mình được miễn.

UAV thuộc phạm vi điều chỉnh phải đăng ký trước khi đưa vào khai thác (Luật, Điều 29). Muốn đăng ký phải chứng minh sở hữu hợp pháp: với máy nhập khẩu là giấy phép nhập khẩu kèm tờ khai hải quan; với máy mua trong nước là hóa đơn của đơn vị đủ điều kiện kinh doanh hoặc chứng từ hợp lệ khác theo quy định (Nghị định 288, Điều 18). Người mua lẻ nên nhớ: mua máy ở nơi không có giấy chứng nhận kinh doanh và không giữ chứng từ hợp lệ là tự làm khó việc đăng ký. Máy tự lắp ráp trước ngày nghị định có hiệu lực, hay máy đang nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm, cần giấy xác nhận tình trạng kỹ thuật rồi mới được đăng ký hoặc đăng ký tạm thời. Theo Thông tư 78/2026, công an cấp tỉnh đăng ký, công an cấp xã có thể được phân cấp cho máy dưới 2 kg

(Điều 8); hai bước tiếp nhận, kiểm tra hồ sơ và kiểm tra thực tế phương tiện mỗi bước tối đa ba ngày làm việc (Điều 11); và khi cấp giấy chứng nhận, cơ quan đăng ký gắn lên máy một thiết bị quản lý hoạt động bay, là tem điện tử hoặc thiết bị điện tử tích hợp số đăng ký. Như vậy, Việt Nam có hai cách nhận dạng song song: tem do công an gắn khi đăng ký, và tiêu chuẩn nhận dạng từ xa mà hàng nhập khẩu phải đáp ứng từ năm 2028 (Thông tư 39/2025/TT-BQP).

Người trực tiếp điều khiển phải đủ 18 tuổi, đủ năng lực hành vi dân sự và có giấy phép phù hợp, hoặc giấy phép nước ngoài được Việt Nam công nhận; người nước ngoài còn cần tổ chức hoặc cá nhân Việt Nam bảo lãnh (Luật, Điều 31 khoản 2). Đào tạo do cơ sở giáo dục nghề nghiệp thực hiện, và Bộ Quốc phòng cấp giấy phép theo đề nghị của cơ sở đào tạo (Nghị định 288, Điều 27, 28); theo thủ tục Bộ Quốc phòng công bố tháng 1/2026 và sửa đổi tháng 5/2026, Quân chủng Phòng không – Không quân quyết định cấp trong 8 ngày làm việc.[6, 7]

HỘP 19.1. NHÌN TỪ THỰC TẾ – MỘT CHUYẾN BAY Ở QUẢNG TRƯỜNG VÀ HAI LỚP GIẤY CÒN THIẾU

Cuối tháng 8/2026, Cổng thông tin điện tử Bộ Công an đưa tin Công an phường Vạn Xuân, tỉnh Thái Nguyên xử phạt 2,25 triệu đồng một thanh niên dùng flycam bay và ghi hình tại Quảng trường Vạn Xuân khi phương tiện chưa được đăng ký và chưa được cấp phép bay.[8] Mức phạt ấy căn cứ Nghị định 282/2025/NĐ-CP, bản có hiệu lực vào tháng 8/2026.[8] Từ ngày 15/9/2026, Điều 34 Nghị định 347/2026/NĐ-CP sửa điểm đ khoản 2 Điều 8 để áp cho hành vi đã có phép bay nhưng bay không đúng thời gian, địa điểm, khu vực, tọa độ hoặc giới hạn cho phép; với hành vi chưa có phép, phải đối chiếu căn cứ xử phạt tại thời điểm xử lý.

Vụ việc nhỏ, nhưng liên quan đúng hai lớp: đăng ký, vốn là điều kiện bắt buộc khi khai thác từ ngày 1/7/2026, và phép bay. Người xử lý là công an phường, không phải đơn vị quân đội cấp phép bay: lớp đăng ký và lớp phép bay thuộc hai hệ thống, nên cũng có thể bị kiểm tra ở hai nơi. Và với người bay, cái giá lớn nhất có khi không phải tiền phạt mà là mất chiếc máy.

4. Phép bay cấp theo từng nhiệm vụ, có thời hạn, và cơ quan cấp tùy theo độ cao

Đăng ký và giấy phép điều khiển xác định "máy nào, người nào"; phép bay xác định "việc gì, ở đâu, khi nào". Nghị định 288 đặt bốn nguyên tắc có hệ quả trực tiếp: phép bay chỉ cấp theo từng nhiệm vụ, sự kiện, địa điểm cụ thể; cùng một hoạt động bay chỉ cấp một phép; phương tiện đăng ký tạm thời chỉ được cấp phép trong khu vực giới hạn (Điều 21 khoản 1); và trong khu vực cấm bay chỉ hoạt động công vụ mới được xem xét (Điều 19 khoản 7).

Theo Điều 9 Thông tư 146/2025/TT-BQP, thẩm quyền cấp phép bay được phân cấp cho Bộ Chỉ huy quân sự cấp tỉnh đối với độ cao nhỏ hơn 50 m so với địa hình trong phạm vi một tỉnh; Bộ Tư lệnh quân khu đối với độ cao nhỏ hơn 120 m trong địa bàn quân khu hoặc nhỏ hơn 50 m trên từ hai tỉnh thuộc quân khu; Bộ Tư lệnh Thủ đô Hà Nội đối với độ cao nhỏ hơn 120 m trong thành phố; Cục Tác chiến cấp phép bay trong vùng trời và vùng thông báo bay của Việt Nam. Các cấp địa phương và quân khu không được phân cấp đối với khu vực cấm, hạn chế bay tại cảng hàng không, sân bay. Phần hướng dẫn gửi đơn của Mẫu số 06 Nghị định 288 lại ghi các mốc ấy là "≤ 50 m" và "≤ 120 m", nên với chuyến bay đúng 50 m hay đúng 120 m, cần hỏi trước cơ quan nhận đơn; căn cứ phân cấp vẫn là Điều 9 Thông tư 146. Với chuyến bay ở khu vực sân bay hay khu vực ảnh hưởng tới tàu bay dân dụng, cơ quan cấp phép phải có sự đồng ý của Bộ Xây dựng, bộ này trả lời trong ba ngày (Nghị định 288, Điều 21 khoản 3 điểm a; Luật Phòng không nhân dân, Điều 30 khoản 2 điểm c, sửa bởi Luật 98/2025/QH15). Độ cao vì thế không chỉ là thông số kỹ thuật: nó còn quyết định doanh nghiệp phải làm việc với cơ quan nào.

Hồ sơ, thời hạn nộp, hiệp đồng và giấy tờ mang theo khi bay do Nghị định 288 quy định chi tiết (Điều 22, 25); Chương 20 đi qua từng bước. Đi kèm là quyền cưỡng chế: lực lượng nào phát hiện trước vi phạm thì được đình chỉ bay; với chuyến bay chưa có phép, bay vào khu

vực cấm bay, khu vực hạn chế bay khi chưa được phép hay xâm phạm khu vực sân bay, lực lượng ấy được chế áp, tạm giữ phương tiện rồi bàn giao cho cơ quan có thẩm quyền (Luật, Điều 33, 34). Lực lượng phòng không nhân dân cấp tỉnh và cấp xã đều có tổ chế áp tàu bay không người lái (Điều 13 khoản 2; tổ chế áp đã có từ bản luật năm 2024, khi lực lượng này còn tổ chức cả ở cấp huyện); tổ trưởng tổ chế áp có quyền ra lệnh chế áp, tạm giữ (Điều 34 khoản 2 điểm đ). Danh sách người có thẩm quyền đình chỉ bay và ra lệnh chế áp, tạm giữ đã được Luật 98/2025/QH15 và Luật 14/2026/QH16 sửa; theo văn bản hợp nhất, danh sách nay gồm cả Chỉ huy trưởng Ban chỉ huy quân sự cấp xã trên địa bàn quản lý (Điều 33 khoản 2 điểm đ; Điều 34 khoản 2 điểm b).

HỘP 19.2. GÓC NHÌN DOANH NGHIỆP – LỊCH PHÉP BAY LÀ LỊCH DOANH THU

Hợp đồng mười hai tháng, mỗi tháng một lượt, trong khi một phép bay thông thường có hạn tối đa 30 ngày. Số hồ sơ thực tế còn tùy lịch, phạm vi và nội dung được cơ quan có thẩm quyền cho phép. Để tính giá chào, công ty có thể giả định mỗi lượt cần một đợt chuẩn bị khoảng hai ngày công: mười hai lượt là *khoảng 24 ngày công*.

Công ty có thể đề nghị cơ quan cấp phép thể hiện nhiều vị trí trên cùng một sơ đồ khu vực bay, nếu phù hợp nhiệm vụ, địa giới và điều kiện cấp phép. Hạn 360 ngày chỉ dành cho khu vực bay truyền thống theo định nghĩa tại khoản 3 Điều 3 Nghị định 288; bay đều đặn ở một nơi không tự biến nơi đó thành khu vực bay truyền thống, nên công ty phải kiểm tra căn cứ trước khi dự toán theo thời hạn dài.

Ở Hoa Kỳ, hệ thống LAANC của Cục Hàng không Liên bang (FAA) cấp chấp thuận vùng trời gần như tức thời cho chuyến bay dưới 400 feet (khoảng 120 m) trong vùng trời có kiểm soát quanh sân bay, nhưng chính FAA ghi rằng LAANC "chỉ cấp chấp thuận vùng trời".[46] Số hóa rút ngắn thời gian chờ, nhưng không xóa các lớp còn lại.

5. Giấy phép không cho biết ai chịu trách nhiệm khi xảy ra sự cố: chưa thể tự động áp dụng chế định của luật hàng không, phải căn cứ luật dân sự và luật dữ liệu

Với tàu bay, Luật Hàng không dân dụng có một chế định riêng về thiệt hại cho người thứ ba ở mặt đất: người khai thác chịu trách nhiệm bồi thường, thời hiệu khởi kiện hai năm, kèm nghĩa vụ bảo hiểm bắt buộc (Điều 62 khoản 2, Điều 75–78). Nhưng UAV không phải "tàu bay" theo luật này, nên muốn viện dẫn các điều khoản ấy cho một chiếc UAV rơi xuống mái nhà, trước hết phải xác định phạm vi áp dụng của Điều 105 và quy định liên quan.

Khi đó, trách nhiệm bồi thường cần được xem xét theo quy định của Bộ luật Dân sự năm 2015. Điều 584 đặt nguyên tắc ai xâm phạm tài sản, sức khỏe, quyền lợi hợp pháp của người khác mà gây thiệt hại thì phải bồi thường; khoản 3 đặc biệt đáng nhớ với người dùng UAV: tài sản gây thiệt hại thì chủ sở hữu, người chiếm hữu phải bồi thường, trừ khi thiệt hại do bất khả kháng hoặc hoàn toàn do lỗi bên bị thiệt hại. Thiệt hại tài sản gồm cả lợi ích gắn với việc khai thác tài sản bị giảm sút (Điều 589), nên va vào thiết bị trên cầu có thể phải bồi thường cả thiệt hại do gián đoạn khai thác. Pháp nhân bồi thường thiệt hại do người của mình gây ra khi làm nhiệm vụ được giao (Điều 597); thời hiệu khởi kiện là ba năm (Điều 588). Câu hỏi còn bỏ ngỏ là Điều 601 về nguồn nguy hiểm cao độ, nơi chủ sở hữu bồi thường cả khi không có lỗi: danh mục có phương tiện giao thông vận tải cơ giới và "các nguồn nguy hiểm cao độ khác do pháp luật quy định", nhưng chưa văn bản nào xếp UAV vào đó. Chương 21 cho thấy câu hỏi ấy được đặt ra thế nào trong một vụ va chạm cụ thể.

Với UAV gắn camera, việc thu thập hình ảnh và xử lý dữ liệu là một lớp nghĩa vụ riêng, tùy nội dung ghi nhận, mục đích và chủ thể dữ liệu. Sử dụng hình ảnh của cá nhân phải được người đó đồng ý, trừ một số trường hợp luật định như vì lợi ích quốc gia, lợi ích công cộng; dùng vì mục đích thương mại thì phải trả thù lao, trừ khi các bên thỏa thuận

khác (Bộ luật Dân sự, Điều 32); thu thập thông tin về đời sống riêng tư phải được người đó đồng ý (Điều 38). Luật Phòng không nhân dân cấm quay phim, chụp ảnh làm lộ mục tiêu trận địa (Điều 7 khoản 4) và buộc người khai thác tuân thủ pháp luật về tần số và về thu thập, quản lý dữ liệu (Điều 42 khoản 2). Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân số 91/2025/QH15, có hiệu lực từ ngày 1/1/2026, còn đặt ra các yêu cầu riêng đối với việc xử lý dữ liệu giúp nhận diện cá nhân. Luật Dữ liệu buộc chủ sở hữu dữ liệu ngoài khu vực nhà nước phân loại dữ liệu thành cốt lõi, quan trọng và khác (Điều 13); chuyển hay xử lý dữ liệu cốt lõi, quan trọng ra nước ngoài, kể cả qua nền tảng đặt ngoài lãnh thổ, phải bảo đảm quốc phòng, an ninh, lợi ích quốc gia (Điều 23); tiêu chí xác định hai loại dữ liệu này do Chính phủ quy định. Một công ty đang tải ảnh kiểm tra cầu lên dịch vụ lưu trữ đặt ở nước ngoài nên đối chiếu tập ảnh với các tiêu chí ấy trước khi ký hợp đồng.

Hai điều cuối thường bị hiểu sai. Các văn bản đã dẫn chưa cho thấy có một nghĩa vụ bảo hiểm trách nhiệm chung cho mọi UAV, nhưng cũng không vì thế mà mọi hoạt động UAV được miễn; có phải mua hay không, phải xem điều kiện chuyên ngành và hợp đồng của từng nhiệm vụ. Và chính quyền địa phương không cấp phép bay. Ủy ban nhân dân cấp tỉnh cấp phép nhập khẩu, quản lý tổ chức nhập khẩu, sản xuất, kinh doanh trên địa bàn, chỉ đạo phối hợp xử lý vi phạm (Nghị định 288, Điều 6, 31), và phê duyệt theo thẩm quyền đề án quản lý UAV (Luật, Điều 43 khoản 2 điểm b, sửa bởi Luật 98/2025/QH15); Kết luận 99-KL/TW giao tỉnh ủy, thành ủy lồng ghép không gian tầm thấp vào quy hoạch, kế hoạch phát triển, với hạ tầng dùng chung, liên thông với hệ thống quản lý vùng trời, chứ không yêu cầu mỗi địa phương lập một hệ thống quản lý riêng (Chương 16).[2] Địa phương có thể hỗ trợ doanh nghiệp UAV theo nhiều cách, nhưng không được cam kết thay cho cơ quan có thẩm quyền về việc cấp phép bay.

KẾT CHƯƠNG

Hai ngày sau cuộc họp, chị Hà gửi giám đốc một trang lịch thay cho danh sách giấy tờ: đăng ký ba chiếc máy ở công an tỉnh; giấy phép hạng B cho hai người và hạng A cho người thứ ba, tính cả thời gian đào tạo, sát hạch và xử lý hồ sơ; câu hỏi gửi Bộ Chỉ huy quân sự tỉnh về giấy chứng nhận kinh doanh dịch vụ bay; hồ sơ phép bay lượt đầu gửi đúng cơ quan quân sự có thẩm quyền, riêng hai cây cầu gần sân bay tính thêm thời gian lấy ý kiến Bộ Xây dựng; và hai điều khoản bổ sung vào hợp đồng, về quyền sử dụng ảnh và về bảo hiểm. Công ty và ban quản lý đường bộ thống nhất lùi lượt đầu sang tháng 12; mười hai lượt trong hợp đồng được ghi kèm lịch chuẩn bị hồ sơ phép bay, mỗi dòng một người chịu trách nhiệm.

Bản đồ pháp lý cho biết mỗi lớp đòi hỏi gì và cơ quan nào có thẩm quyền; nó chưa cho biết một nhiệm vụ cụ thể đi qua các lớp ấy theo trình tự nào, và phải làm gì khi ngày bay, người bay hay điểm cất cánh đổi vào phút cuối. Chương 20 đưa bản đồ ấy vào quy trình của một nhiệm vụ bay, từ xác định mục đích đến lưu giữ dữ liệu và xử lý sự cố.

CHƯƠNG 20. QUY TRÌNH THỰC HIỆN MỘT NHIỆM VỤ BAY HỢP PHÁP

Sáu giờ bốn mươi lăm, một sáng thứ Hai tháng 12, bãi đất ven sông dưới cây cầu thứ năm trên tuyến tỉnh lộ còn đọng sương. Đây là lượt kiểm tra đầu tiên của hợp đồng mười bốn cây cầu mà công ty ở Chương 19 đã phải lùi sang tháng 12. Trong cặp hồ sơ của Tuấn, trưởng nhóm bay, có một giấy phép bay do quân khu cấp, hiệu lực từ ngày 7/12 đến ngày 5/1 của năm sau. Giấy phép ghi tọa độ khu vực bay quanh năm cây cầu, độ cao tối đa 75 m so với địa hình, điểm cất hạ cánh là bãi đất này, chiếc máy 6,5 kg với số xuất xưởng và số đăng ký, cùng họ tên, số điện thoại của Minh, người điều khiển. Chiều thứ Sáu, chị Hà đã hiệp đồng với cơ quan quân sự tỉnh cho khung giờ từ 8 đến 11 giờ sáng nay. Vì có đoạn bay từ 50 m trở lên, kế hoạch dự báo bay cũng đã được cơ quan quân sự tỉnh gửi đi.

Lúc 6 giờ 50, ba tin nhắn đến gần như cùng lúc. Minh sốt từ đêm, không đến được. Tuấn chỉ có giấy phép hạng A; Dũng, người thứ hai có hạng B, đang trên đường tới. Kỹ sư của ban quản lý đường bộ báo đoàn thử tải cầu đến muộn, đề nghị lùi sang 13 giờ để hai bên làm cùng lúc. Còn bãi đất ghi trong phép bay đã có một xe tải chở cát đậu từ tối qua; người hỗ trợ bay đề nghị chuyển xuống bãi bồi cách đó khoảng 400 m, rộng và thoáng hơn.

Ba đề nghị thay đổi đều có lý do và thoạt nghe đều không đáng kể. Người hỗ trợ bay nói: "Cùng cây cầu, cùng chiếc máy, cùng công ty. Bay thôi anh." Tuấn mở tờ phép ra đọc lại từng dòng. Tên Minh nằm ở mục thông tin người điều khiển; tọa độ bãi đất nằm ở mục tham số bay; khung 8 đến 11 giờ nằm trong văn bản hiệp đồng. Anh gọi cho chị Hà: "Trong ba thay đổi này, việc nào đội mình được tự quyết?"

Nội dung tờ phép theo Mẫu số 11 của Nghị định 288/2025/NĐ-CP; công ty và buổi sáng ven sông là tình huống tổng hợp.

Câu hỏi của chương: *tính ngược từ ngày bay, một nhiệm vụ UAV phải làm những việc gì và vào lúc nào; khi một chi tiết thay đổi vào phút cuối, việc nào đội bay tự quyết được, việc nào phải hỏi lại cơ quan cấp phép?*

1. Bảy ngày trong nghị định là mốc tối thiểu, không phải lịch an toàn: phải tính ngược từ giờ cất cánh

Trước khi tính lịch phép bay, có ba thứ phải xong từ lâu: chiếc máy đã đăng ký tại công an, người điều khiển đã có giấy phép đúng hạng, và doanh nghiệp đã hỏi rõ về giấy chứng nhận đủ điều kiện kinh doanh. Chương 19 đã cho thấy riêng đăng ký và cấp giấy phép điều khiển đã tính bằng tuần.[6] Không có số đăng ký và số giấy phép, đơn đề nghị cấp phép bay không điền được, nên ba việc ấy phải xong trước, không nằm trong lịch của từng chuyến bay.

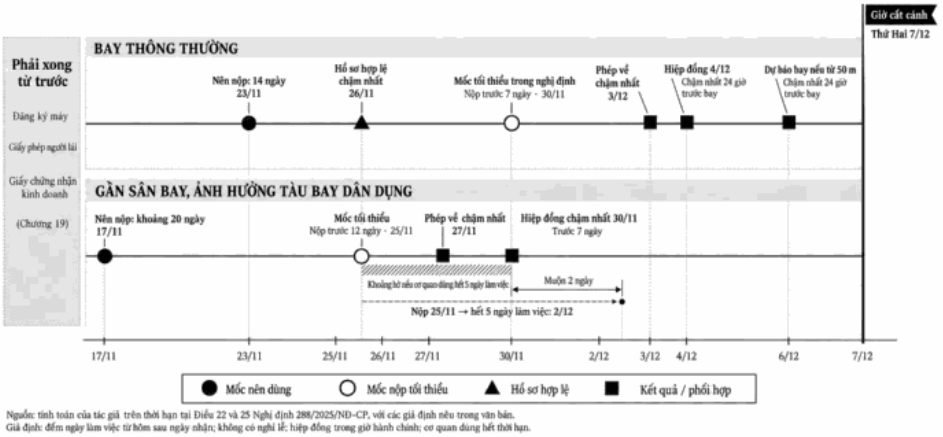
Lịch của một chuyến bay bắt đầu từ ba mốc trong Nghị định 288. Hồ sơ phải gửi tới cơ quan cấp phép tối thiểu 7 ngày trước ngày bay,

hoặc 12 ngày nếu chuyến bay buộc phải phát điện văn thông báo hàng không vì ảnh hưởng tới đường hàng không, phương thức bay hay sân bay. Cơ quan cấp phép có thời hạn 5 ngày làm việc kể từ khi nhận đủ hồ sơ hợp lệ để giải quyết. Sau khi có phép, người khai thác phải hiệp đồng chậm nhất 24 giờ trước khi bay, hoặc ít nhất 7 ngày nếu hoạt động bay ảnh hưởng tới khai thác của tàu bay dân dụng (Điều 22 khoản 2, Điều 25 khoản 2). Xét riêng thì mốc nào cũng hợp lý; ghép lại mới thấy vấn đề.

Áp vào buổi sáng ven sông. Ngày bay là thứ Hai 7/12. Nộp đúng mốc tối thiểu, hồ sơ tới cơ quan vào thứ Hai 30/11. Nếu hồ sơ hợp lệ ngay và cơ quan dùng đủ 5 ngày làm việc, đếm từ hôm sau là thứ Ba 1, thứ Tư 2, thứ Năm 3, thứ Sáu 4 và thứ Hai 7/12, tức hạn trả lời trùng chính ngày bay. Trong khi đó, hiệp đồng phải xong trước giờ bay 24 giờ, tức sáng Chủ nhật 6/12. Muốn hiệp đồng trong giờ hành chính vào thứ Sáu 4/12, phép phải về chậm nhất thứ Năm 3/12; đếm ngược 5 ngày làm việc, hồ sơ hợp lệ phải tới cơ quan chậm nhất thứ Năm 26/11, tức 11 ngày trước ngày bay. Cơ quan có tới 3 ngày làm việc để báo hồ sơ chưa hợp lệ, và thời gian sửa không tính vào thời hạn giải quyết. Vì thế, nếu chừa chỗ cho một lần bị yêu cầu bổ sung, nên nộp vào khoảng thứ Hai 23/11, tức 14 ngày trước ngày bay.

Với hai cây cầu gần hướng cất hạ cánh của sân bay, hồ sơ còn phải nộp sớm hơn nữa. Hiệp đồng phải xong trước 7 ngày, tức chậm nhất thứ Hai 30/11. Nộp đúng mốc 12 ngày vào thứ Tư 25/11 thì 5 ngày làm việc kết thúc vào thứ Tư 2/12, muộn hơn hạn hiệp đồng hai ngày. Muốn phép về vào thứ Sáu 27/11 để kịp hiệp đồng, hồ sơ hợp lệ phải tới cơ quan chậm nhất thứ Sáu 20/11, tức 17 ngày trước ngày bay; chừa thêm một lần bổ sung thì khoảng 20 ngày (Hình 20.1).

Phép tính dựa trên giả định *cơ quan dùng hết thời hạn. Nhiều nơi có thể trả lời nhanh hơn, nhưng doanh nghiệp không nên dựng lịch trên* khả năng *ấy.*



Nguồn: tính toán của tác giả trên thời hạn tại Điều 22 và 25 Nghị định 288/2025/NĐ-CP, với các giả định nêu trong văn bản.
Giả định: đếm ngày làm việc từ hôm sau ngày nhận; không có nghỉ lễ; hiệp đồng trong giờ hành chính; cơ quan dừng hết thời hạn.

Hình 20.1. Lịch ngược từ giờ cất cánh: mốc trong nghị định và mốc nên dùng

Các mốc không tự ghép thành một lịch có đủ thời gian dự phòng; người lập kế hoạch phải chừa khoảng đệm. Với hợp đồng mười hai lượt ở Chương 19, mỗi lượt có thể liên quan tới nhiều hồ sơ; hồ sơ cho nhóm cầu kế tiếp có thể phải nộp trước khi hoàn thành các chuyến bay của nhóm trước.

2. Hồ sơ phép bay nên lập sao cho nếu bị từ chối một phần vẫn bay được phần còn lại

Hồ sơ đề nghị cấp phép bay gồm đơn theo Mẫu số 06, sơ đồ khu vực bay khi bay theo tuyến hoặc trong một đa giác nhiều điểm, và giấy tờ chứng minh hoạt động là hợp pháp nếu hoạt động ấy phải được cơ quan nhà nước khác cho phép hay chấp thuận, chẳng hạn bay biểu diễn ánh sáng nghệ thuật trên không (Nghị định 288, Điều 19 khoản 4, Điều 22 khoản 1). Hồ sơ gửi tới một cơ quan cấp phép, trực tiếp, qua bưu chính hoặc qua Cổng Dịch vụ công quốc gia. Đơn đòi nhiều thông tin hơn người ta nghĩ: số đăng ký và số xuất xưởng của máy, trọng lượng cất cánh tối đa, tần số vô tuyến, cách điều khiển, mục đích, tọa độ khu vực theo hệ WGS-84 (hệ tọa độ toàn cầu mà thiết bị GPS sử dụng), số ngày và giờ bay, nơi cất hạ cánh, họ tên và số giấy phép của người điều khiển. Người làm đơn ký cam đoan chịu hoàn toàn trách nhiệm trước pháp luật.

Khi lập hồ sơ, nên tính đến ba chi tiết của thủ tục. Thứ nhất, cơ quan có thể không cấp phép cho toàn bộ hay một phần khu vực đề nghị, và phải trả lời bằng văn bản hoặc thư điện tử, nêu rõ lý do. Mẫu văn bản cấp phép có thể liệt kê "vị trí 1, vị trí 2, vị trí 3"; doanh nghiệp nên hỏi cơ quan cấp phép có xem xét riêng từng vị trí không, đừng mặc định các vị trí còn lại vẫn được bay. Cây cầu gần sân bay nên nằm trong một hồ sơ riêng: nếu nó thuộc khu vực cấm bay, hạn chế bay của sân bay hoặc ảnh hưởng tới hoạt động bay của tàu bay dân dụng, cơ quan cấp phép phải gửi văn bản để Bộ Xây dựng thống nhất trước khi cấp (Điều 21 khoản 3), và mốc nộp hồ sơ cũng dài hơn. Vì nghị định quy định cùng một hoạt động bay chỉ cấp một phép bay (Điều 21 khoản 1 điểm d), tách hồ sơ ở đây nghĩa là đề nghị hai hoạt động bay có khu vực và thời gian riêng, không phải xin hai phép cho cùng một chuyến. Thứ hai, mục nơi cất hạ cánh trong Mẫu số 06 có chỗ ghi một "khu vực mặt đất, mặt nước", không chỉ một điểm. Nên đề xuất một khu vực cất hạ cánh có phương án dự phòng, thay vì một bãi đất dễ bị chiếm dụng. Thứ ba, Mẫu số 06 chỉ có ô cho một phương tiện và một người điều khiển; nghị định không nói rõ có được khai thêm người điều khiển hay máy dự phòng trong cùng một đơn không, và cơ quan có ghi thêm người và máy ấy vào phép không. Đó là câu hỏi nên đặt với cơ quan cấp phép ngay ở lượt đầu, trước khi nó thành vấn đề vào một buổi sáng.

Hồ sơ còn đi qua nhiều trạng thái mà ngày thường người ta hay gộp làm một. "Đã gửi" chưa phải "đủ hồ sơ hợp lệ": thời hạn giải quyết 5 ngày làm việc chỉ được tính từ khi cơ quan nhận đủ hồ sơ hợp lệ; "có văn bản trả lời" chưa chắc là "được cấp toàn bộ". Người giữ hồ sơ nên ghi trạng thái nào đạt vào ngày nào, để khi tiến độ bị chậm thì xác định được nguyên nhân và khâu phát sinh.

3. Có phép bay chưa phải là được bay: hiệp đồng, dự báo bay và quyền điều chỉnh đến tận giờ cất cánh

Phép bay chỉ định những cơ quan người bay phải hiệp đồng. Theo mẫu văn bản cấp phép ban hành kèm Nghị định 288, đó là cơ quan quân

sự tùy theo độ cao, Trung tâm Quản lý điều hành bay khu vực thuộc Quân chủng Phòng không – Không quân, trung tâm quản lý bay hàng không dân dụng nếu ảnh hưởng tới khai thác hàng không, và tổ chức, cá nhân liên quan khác trong khu vực. Nội dung hiệp đồng gồm khu vực, độ cao, hành lang bay, thời gian bay tính đến giờ, loại phương tiện, cách tổ chức và điều hành bay, thông tin người khai thác và người điều khiển, và cách liên lạc giữa người điều khiển với cơ quan quản lý hoạt động bay (Điều 25 khoản 2). Luật Phòng không nhân dân buộc tổ chức, cá nhân thực hiện chuyến bay chịu trách nhiệm về các thông tin trong dự báo, thông báo, hiệp đồng bay (Điều 35 khoản 1). Thông tin hiệp đồng vì thế không phải lời hẹn xã giao: khi giờ bay đổi, thông tin đã khai trở thành thông tin sai, và trách nhiệm ấy thuộc về người đã khai.

HỘP 20.1. ĐIỂM NGHẼN – LỊCH HIỆP ĐỒNG QUYẾT ĐỊNH LỊCH DỊCH VỤ

Trao đổi trên báo Tin tức của Thông tấn xã Việt Nam đầu tháng 10/2026, đại diện dự án ứng dụng UAV của Tổng công ty Bưu điện Việt Nam cho biết việc hiệp đồng bay trong khu vực đô thị hiện phụ thuộc vào lịch của các đơn vị quốc phòng, công an, gây khó cho việc xây dựng lịch trình cố định hay cam kết chất lượng dịch vụ toàn trình với khách hàng; thiếu một nền tảng quản lý vùng trời chuyên biệt khiến việc cấp phép bay theo thời gian thực gần như không khả thi.[74]

Với doanh nghiệp, hệ quả lớn nhất nằm ở hợp đồng chứ không phải ở hồ sơ. Một dịch vụ cam kết giờ giao cố định có thể chịu chi phí hoặc chế tài hợp đồng khi khung hiệp đồng bị dời, tùy nội dung đã thỏa thuận. Hợp đồng nên tách hai loại lịch: ngày hoàn thành do doanh nghiệp cam kết và giờ bay cụ thể phụ thuộc hiệp đồng; đồng thời quy định rõ cách xử lý việc đổi lịch do yêu cầu của cơ quan có thẩm quyền. Tỉnh có thể giúp bằng cách chỉ định một đầu mối để doanh nghiệp biết hỏi ai về lịch hiệp đồng, không phải hứa về giờ bay.

Với chuyến bay từ 50 m trở lên, còn một bước dự báo bay. Bộ Chỉ huy quân sự cấp tỉnh hiệp đồng với người khai thác và gửi kế hoạch dự báo bay tới Trung tâm Quản lý điều hành bay khu vực thuộc Quân chủng Phòng không – Không quân, trước giờ bay ít nhất 24 giờ. Nếu thấy hoạt động bay trong dự báo ảnh hưởng hay đe dọa an toàn bay, trung tâm này đề nghị cơ quan cấp phép thông báo cho người khai thác

điều chỉnh kế hoạch, hoặc hủy một phần hay toàn bộ phép bay, trước giờ bay. Cơ quan cấp phép cũng gửi phép đã cấp đồng thời tới cơ quan quân sự, công an, cơ sở điều hành bay trong khu vực (Nghị định 288, Điều 22 khoản 2, Điều 25 khoản 3). Hai chi tiết này cùng dẫn tới một kết luận thực tế: điều kiện thực hiện chuyến bay vẫn có thể thay đổi sát giờ cất cánh, và người có thể tới kiểm tra ở hiện trường đã cầm sẵn bản phép của đội bay.

4. Sáng ngày bay, câu hỏi không phải thay đổi lớn hay nhỏ, mà là thay đổi có làm khác nội dung đã ghi trong phép bay không

Trở lại bãi sông. Ba thay đổi của Tuấn nghe nhỏ, nhưng thước đo "nhỏ" là cảm giác, không phải căn cứ. Căn cứ nằm ở hai văn bản. Theo Nghị định 288, phép bay ghi người khai thác và người trực tiếp điều khiển; kiểu loại, số xuất xưởng, số đăng ký của phương tiện; khu vực bay theo tọa độ và độ cao so với địa hình; mục đích, thời hạn và thời gian tổ chức bay (Điều 23). Mẫu văn bản cấp phép còn ghi tọa độ điểm cất hạ cánh. Và khi người khai thác "bay không đúng nội dung được cấp phép bay", cơ quan quản lý được quyền đình chỉ hoạt động bay (Điều 25 khoản 5).

Đặt ba thay đổi vào hai điều ấy thì câu trả lời đã rõ. Dũng có giấy phép hạng B, đủ điều kiện điều khiển chiếc máy 6,5 kg, nhưng tên trong phép bay là Minh. Bãi bồi cách 400 m có thể vẫn nằm trong khu vực bay, nhưng tọa độ cất hạ cánh trong phép là bãi đất kia. Giờ bay mới vẫn trong thời hạn phép, nhưng khung giờ đã hiệp đồng và đã dự báo là 8 đến 11 giờ. Cả ba đều làm khác nội dung đã ghi, hoặc trong phép, hoặc trong hiệp đồng.

Khó hơn là bước tiếp theo, vì Nghị định 288 quy định thủ tục cấp phép và hủy phép bay, nhưng không có thủ tục riêng để người khai thác đề nghị sửa hoặc gia hạn phép đã cấp. Cùng một hoạt động bay lại chỉ được cấp một phép (Điều 21 khoản 1). Thiếu quy định không có nghĩa đội bay được tự quyết. Chỉ cơ quan đã cấp phép và các cơ quan được

chỉ định trong phép, nơi người khai thác có nghĩa vụ "chấp hành hướng dẫn" (Điều 25 khoản 1), mới trả lời được. Nội dung trao đổi cần được ghi lại; khi thay đổi cần chấp thuận hoặc văn bản mới, một cuộc điện thoại không thay được văn bản ấy. Còn nếu quyết định không bay, người khai thác phải báo cơ quan cấp phép trước thời điểm dự kiến bay (Điều 24 khoản 4).

Không phải thay đổi nào cũng phải hỏi. Thời tiết xấu đi, một đường dây mới căng qua sông hay pin không đạt là việc của đội bay: người điều khiển phải kiểm tra tình trạng kỹ thuật, thời tiết, chướng ngại vật và các mối nguy khác trước khi bay (Điều 25 khoản 1). Thay camera hay cảm biến thì phải đối chiếu lại cấu hình, trọng lượng và tần số đã khai, và xét lại hạng giấy phép nếu loại phương tiện đổi theo (Điều 19 khoản 3, Điều 27). Có thể tra nhanh ở Bảng 20.1. Nó không thay sổ ghi thay đổi mà Chương 18 đề nghị cho các phép thử; bảng này có thể dùng làm danh mục kiểm tra ban đầu khi hoạt động thử nghiệm chuyển sang nhiệm vụ thường xuyên.

Phần lớn tình huống phải hỏi lại cơ quan cấp phép có thể tránh được nếu lập hồ sơ từ trước như mục 2 đã gợi ý. Còn lại là một thói quen: việc nhận được thông tin thay đổi chưa đồng nghĩa thay đổi đó đã được chấp thuận. Lời đề nghị lùi giờ của kỹ sư cầu là thông tin. Nó chỉ thành giờ bay khi người chịu trách nhiệm đã hỏi đúng nơi và ghi lại câu trả lời.

BẢNG 20.1. Thay đổi phút chót: ảnh hưởng tới nội dung nào, và phải làm gì trước khi cất cánh

Thay đổi	Ảnh hưởng tới nội dung nào	Trước khi cất cánh
Đổi giờ, vẫn trong thời hạn phép	Thời gian tổ chức bay trong phép (nếu ghi giờ); khung giờ đã hiệp đồng; dự báo bay nếu từ 50 m	Báo và đối chiếu lại với cơ quan đã hiệp đồng; hỏi cơ quan có thẩm quyền về điều chỉnh dự báo, phạm vi chấp thuận

Đổi ngày ra ngoài thời hạn phép	Thời hạn phép	Không bay bằng phép hết hiệu lực; làm hồ sơ xin phép mới
Đổi người điều khiển	Họ tên người điều khiển trong phép; số giấy phép trong đơn	Người thay phải có giấy phép đúng hạng và mang theo; hỏi cơ quan cấp phép, báo đơn vị đã hiệp đồng
Đổi sang máy dự phòng	Kiểu loại, số xuất xưởng, số đăng ký trong phép	Dùng máy không có trong phép là bay khác nội dung phép; hỏi cơ quan cấp phép trước khi dùng
Đổi điểm cất hạ cánh	Tọa độ cất hạ cánh trong phép	Hỏi cơ quan cấp phép; kiểm lại độ cao so với địa hình ở điểm mới
Bay cao hơn hay ra ngoài khu vực	Độ cao và tọa độ khu vực trong phép	Không bay ngoài phạm vi được cấp; xác định thủ tục và cơ quan cấp phép cho phương án mới
Thay camera, cảm biến	Thông số cấu hình và tần số đã khai; điều kiện kỹ thuật, phân loại phương tiện nếu bị ảnh hưởng	Đối chiếu lại cấu hình, khối lượng cất cánh tối đa, tần số; xét lại hạng giấy phép; rà quyền riêng tư
Thời tiết, chướng ngại vật, tình trạng máy	Không ghi trong phép	Kiểm tra và thực hiện phương án an toàn; nếu không bay, thông báo theo Điều 24 khoản 4; chấp hành hướng dẫn của cơ quan có thẩm quyền

Nguồn: tổng hợp của các tác giả từ Điều 19, 21, 23, 24, 25, 27 và Mẫu số 06, 11 Nghị định 288/2025/NĐ-CP.

5. Trong lúc bay, đội bay tự điều hành và tự chịu trách nhiệm về an toàn, còn người giám sát có quyền dừng cuộc bay

Nghị định 288 giao việc điều hành bay cho chính người khai thác được cấp phép, kèm trách nhiệm bảo đảm an ninh, an toàn trong suốt quá trình tổ chức bay (Điều 25 khoản 1). Không có kiểm soát viên nào cầm lái hộ. Người giám sát là cơ quan quân sự nơi có hoạt động bay, phối hợp với công an và, gần sân bay, với lực lượng an ninh hàng không; bay cao hơn 200 m thì phối hợp thêm đơn vị quản lý vùng trời, quản lý điều hành bay. Thứ họ giám sát được liệt kê rõ: người khai thác, phương

tiện, giới hạn khu vực, thời gian và mục đích bay ghi trong phép (Điều 25 khoản 4). Đó cũng chính là những nội dung đã xét ở mục 4.

Cơ quan có thẩm quyền có thể đình chỉ bay trong các trường hợp như: bay không đúng nội dung phép; vì lý do quốc phòng, an ninh, an toàn bay; người điều khiển không đủ điều kiện; máy chưa đăng ký hoặc không đúng đăng ký; vi phạm điều ước quốc tế. Trên cùng một địa bàn, lực lượng nào phát hiện trước thì được quyền đình chỉ bay (Luật Phòng không nhân dân, Điều 33). Với những trường hợp nặng hơn, như bay chưa có phép hay không chấp hành lệnh đình chỉ (Luật Phòng không nhân dân, Điều 34 khoản 1), lực lượng có thẩm quyền được chế áp nếu phương tiện đe dọa nghiêm trọng, tạm giữ phương tiện và người điều khiển (Nghị định 288, Điều 25 khoản 7; Chương 19).

Từ đó có hai việc thực tế cho đội bay. Một người trong đội, không phải người đang cầm bộ điều khiển, nên giữ bộ giấy tờ mang theo mà nghị định đòi: phép bay, giấy chứng nhận đăng ký, giấy phép điều khiển và các giấy tờ khác theo Điều 19 của nghị định (Điều 25 khoản 1). Người ấy cũng là người nghe điện thoại theo cách liên lạc đã hiệp đồng. Khi nhận yêu cầu đình chỉ hợp pháp, đội bay chấp hành theo hướng dẫn của lực lượng có thẩm quyền và hạ cánh an toàn trước, giải trình sau.

6. Sau khi hạ cánh, nghĩa vụ chưa kết thúc: hồ sơ, dữ liệu và trách nhiệm vẫn còn

Sau mỗi nhiệm vụ, cần lưu giấy phép bay, văn bản hiệp đồng, ghi nhận trao đổi khi có thay đổi, dữ liệu chuyến bay và ảnh hiện trường. Nghị định 288 buộc cơ sở kinh doanh phương tiện bay lưu hồ sơ phương tiện và hồ sơ người mua, người thuê (Điều 14 khoản 2), buộc tổ chức, cá nhân xuất khẩu, nhập khẩu lưu hồ sơ phương tiện (Điều 5 khoản 3). Nhưng Luật Phòng không nhân dân và Nghị định 288 chưa đặt một thời hạn chung cho việc lưu nhật ký bay hay báo cáo sự cố; điều đó không loại trừ nghĩa vụ ghi nhận, báo cáo theo pháp luật khác.

Luật chuyên ngành chưa quy định thời hạn lưu nhật ký bay, nhưng khi xảy ra sự cố, người khai thác vẫn phải giải trình. Tối 26/1/2025, trong buổi tổng duyệt chương trình đón giao thừa ở khu vực Sân vận động Quốc gia Mỹ Đình, Hà Nội, một số UAV gắn pháo hoa rơi xuống bãi đất trống, làm cháy cỏ khô. Lực lượng chức năng dập lửa kịp thời, không có thiệt hại về người và tài sản. Ủy ban nhân dân quận Nam Từ Liêm khi đó cho biết nguyên nhân do "yếu tố kỹ thuật", và trước đêm giao thừa ngày 28/1, ban tổ chức quyết định bỏ phần trình diễn UAV khỏi chương trình.[86] Vụ việc xảy ra trước khi Nghị định 288 có hiệu lực, và kết thúc an toàn. Nhưng nếu ngọn lửa bén vào một mái nhà, người ta sẽ không chỉ dừng ở lời giải thích "yếu tố kỹ thuật", mà còn phải xác định trách nhiệm bồi thường theo Bộ luật Dân sự (Chương 19, mục 5). Khi ấy, thiếu dữ liệu chuyến bay và hồ sơ trước bay, người khai thác khó tái dựng diễn biến và giải trình trách nhiệm.

Vì vậy, doanh nghiệp nên cân nhắc thời hạn lưu hồ sơ gắn với rủi ro tranh chấp, đồng thời tuân thủ các nghĩa vụ và giới hạn lưu trữ dữ liệu đang áp dụng. Thời hiệu khởi kiện yêu cầu bồi thường thiệt hại là ba năm, tính từ ngày người có quyền yêu cầu biết hoặc phải biết quyền, lợi ích hợp pháp của mình bị xâm phạm (Bộ luật Dân sự, Điều 588). Ba năm có thể làm mốc tham chiếu quản trị, nhưng không phải thời hạn bắt buộc; cần chỉnh theo thời điểm phát hiện thiệt hại và thời hạn hợp đồng, trong giới hạn của pháp luật về dữ liệu cá nhân.

HỘP 20.2. LƯU Ý PHÁP LÝ – GIỮ BẰNG CHỨNG DÙ CHƯA CÓ THỜI HẠN LƯU NHẬT KÝ CHUNG

Nhật Bản chọn cách khác. Theo Bộ Đất đai, Hạ tầng, Giao thông và Du lịch Nhật Bản, từ lần sửa Luật Hàng không có hiệu lực tháng 12/2022, chuyến bay cần phép hay chấp thuận phải báo kế hoạch bay trước, và người bay phải ghi sổ nhật ký gồm hành trình, kiểm tra hằng ngày, bảo dưỡng. Tai nạn và sự cố nghiêm trọng, như người bị thương, máy mất điều khiển hay cháy khi đang bay, phải báo cho Bộ này, dù chuyến bay có cần phép hay không.[68, 69, 106]

Doanh nghiệp Việt Nam không cần chờ một quy định như vậy: một nhật ký ghi nhất quán, bảo quản đúng quy định về dữ liệu có thể là bằng chứng khi cần giải trình hoặc có tranh chấp.

KẾT CHƯƠNG

Sáng hôm ấy Tuấn không cất cánh. Anh báo cơ quan quân sự tỉnh, nơi đã nhận hiệp đồng, và cơ quan cấp phép rằng khung giờ đã hiệp đồng sẽ không dùng, gửi thông tin về Dũng và bãi bồi dự kiến làm điểm cất hạ cánh, kèm sơ đồ và giấy phép của Dũng, đề nghị hướng dẫn cách xử lý. Công ty mất một ngày bay. Điều khoản đổi lịch trong hợp đồng chỉ miễn phạt khi cơ quan có thẩm quyền yêu cầu hoặc điều kiện an toàn không cho phép; người điều khiển ốm hay bãi đất bị chiếm không thuộc hai trường hợp ấy. Lần này công ty không bị phạt là nhờ chính bên thuê, ban quản lý đường bộ, cũng đã đề nghị lùi giờ. Hồ sơ lượt thứ hai được chuẩn bị theo lịch dự phòng 14 ngày, đề xuất hai người điều khiển và một khu vực cất hạ cánh phù hợp dọc bờ sông để cơ quan cấp phép xem xét. Trong cặp hồ sơ, sau tờ phép bay, có thêm một tờ giấy kẻ ô: thay đổi gì, ảnh hưởng tới dòng nào, đã hỏi ai, lúc mấy giờ.

Quy trình trên dành cho doanh nghiệp kiểm tra công trình bằng UAV từ 2 kg. Với cá nhân quay phim, hợp tác xã phun thuốc, người nước ngoài hay màn biểu diễn hàng trăm UAV, điều kiện pháp lý và trách nhiệm về dữ liệu, bồi thường có thể khác. Chương 21 đi qua những tình huống ấy.

CHƯƠNG 21. CÁC TÌNH HUỐNG PHÁP LÝ THƯỜNG GẶP

Chương 20 theo dõi một nhiệm vụ từ lúc hình thành đến khi khép lại hồ sơ. Nhưng trong thực tế, một chi tiết có thể thay đổi giữa chừng. Khi đó, cần xem lại những quy định nào?

Chiều thứ Bảy, trên bãi đất ven sông nơi đội của Tuấn ở Chương 20 vẫn hay cất cánh, có ba chiếc UAV gắn camera trông gần như nhau. Khoa, một nhân viên văn phòng, mang chiếc flycam 0,9 kg ra quay cảnh hoàng hôn. Đội của Tuấn chuẩn bị lượt kiểm tra cầu theo hợp đồng. Một nhóm sinh viên mang nguyên mẫu của đề tài ra thử một thuật toán bám tuyến. Một người qua đường hỏi: "Ba cái máy như nhau, luật có khác gì nhau không?"

Khác, và khác từ trước khi máy cất cánh. Chiếc flycam của Khoa nặng 0,9 kg, vượt ngưỡng 0,25 kg của trường hợp được miễn phép, nên dù chỉ quay để giải trí, máy vẫn phải được đăng ký, chuyến bay phải có phép và Khoa phải có giấy phép điều khiển hạng A (Tình huống 1). Với đội của Tuấn, còn có thêm một hợp đồng và những bên thứ ba quanh cây cầu. Chiếc máy của nhóm sinh viên là tài sản mua bằng ngân sách, còn kết quả nghiên cứu thuộc về ai thì do luật khoa học, công nghệ quy định.

Pháp lý của hoạt động UAV phụ thuộc bối cảnh: cùng một chiếc máy, chỉ cần đổi chủ thể, mục đích, tải trọng, bên mua hay cách quan sát là các câu hỏi pháp lý cũng đổi theo. Nhưng phụ thuộc bối cảnh không có nghĩa là mơ hồ. Phần lớn câu hỏi đã có lời đáp trong Luật Phòng không nhân dân (PKND), Nghị định 288/2025/NĐ-CP và các luật chuyên ngành; phần còn lại cần chứng cứ hoặc ý kiến chuyên môn. Việc của người đọc là biết câu hỏi nào thuộc loại nào.

HỘP 21.1. NĂM NHẬN THỨC SAI LẦM THƯỜNG GẶP

"Flycam nhỏ là đồ chơi, không cần giấy tờ." Ngoài trường hợp khẩn cấp do cấp có thẩm quyền quyết định, chỉ máy dưới 0,25 kg, bay giải trí, trong tầm nhìn và ngoài khu vực cấm bay, hạn chế bay mới được miễn phép bay (Luật Phòng không nhân dân, Điều 30 khoản 3). Miễn phép bay cũng không phải miễn đăng ký (Điều 29 khoản 1).

"Có hợp đồng với chủ công trình là đủ để bay." Hợp đồng không thay phép bay; phép bay cấp theo từng nhiệm vụ, sự kiện, địa điểm (Nghị định 288, Điều 21 khoản 1).

"Đề tài nghiên cứu thì được miễn." Không có trường hợp miễn phép bay vì nghiên cứu; cơ sở chế tạo, thử nghiệm còn cần giấy chứng nhận đủ điều kiện (Tình huống 4).

"Đã nhập khẩu, đã đăng ký là được bay." Giấy phép nhập khẩu chỉ chứng minh quyền sở hữu để đăng ký; đăng ký là điều kiện khai thác, chưa phải phép bay (Nghị định 288, Điều 18, 19, 21).

"Bay ngoài tầm nhìn chỉ là bay xa hơn." Bay ngoài tầm nhìn đòi giấy phép hạng B, kể cả với máy nhẹ hơn 2 kg (Nghị định 288; Tình huống 9).

HỘP 21.2. GIỚI HẠN CỦA CHƯƠNG

Ở những chỗ cần giám định, cần đọc một hợp đồng cụ thể hoặc cần cơ quan có thẩm quyền giải thích, chương nói rõ điều đó.

Chương không thay tư vấn pháp lý và không nêu mức phạt, vì văn bản xử phạt thay đổi nhanh hơn chu kỳ in của một cuốn sách.

Mười tình huống dưới đây đi theo cùng một khuôn: cảnh, điểm đổi, luật nói gì, còn phải chứng minh gì, và nên làm gì. Hình 21.1 tách khuôn ấy thành sáu bước phân tích.



Hình 21.1. Sáu bước phân tích một hoạt động UAV

1. Đời sống và sản xuất

Tình huống 1. Cá nhân sử dụng flycam để quay phim, chụp ảnh

Khoa cất cánh lúc năm giờ chiều. Được mười phút, tín hiệu chập chờn, máy tự quay về theo đường thẳng rồi hạ cánh trong sân nhà hàng xóm. Chủ nhà cầm chiếc máy ra, hỏi vì sao nó bay qua mái nhà mình và nó đã quay được những gì.

Điểm khác biệt. Máy đã ra ngoài phạm vi Khoa dự kiến, và trên máy có camera. Câu hỏi về chuyến bay giờ đi kèm câu hỏi về tài sản, hình ảnh và đời sống riêng tư của người khác.

Luật nói gì. Máy 0,9 kg thuộc loại 2 theo Nghị định 288 (từ 0,25 kg đến dưới 2 kg). Như mọi UAV, nó phải được đăng ký trước khi khai thác; vì vượt ngưỡng miễn phép, chuyến bay phải có phép; và người điều khiển phải đủ 18 tuổi, có giấy phép điều khiển bay quan sát bằng trực quan, tức hạng A. Nghĩa vụ đăng ký và có giấy phép điều khiển có hiệu lực từ ngày 1/7/2026 (Luật Phòng không nhân dân, khoản 2 Điều 47, sửa bởi Luật 98/2025/QH15), cùng mốc với các quy định của nghị định về giấy chứng nhận đăng ký và giấy phép điều khiển (Chương 19, Bảng 19.2). Việc gắn camera kéo theo thêm hai nhóm quy định. Luật Phòng không nhân dân nghiêm cấm quay phim, chụp ảnh làm lộ mục

tiêu trận địa, kế hoạch, trang bị kỹ thuật, công trình chiến đấu (Điều 7 khoản 4). Với hình ảnh của người khác, Bộ luật Dân sự (BLDS) bảo vệ quyền đối với hình ảnh và quyền về đời sống riêng tư (Điều 32, 38), còn Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân (BVDLCN) điều chỉnh việc xử lý hình ảnh nhận dạng được một người.

Những vấn đề còn phải làm rõ. Chỉ riêng việc máy rơi vào sân nhà bên chưa đủ để biết Khoa có lỗi không, hay hàng xóm được đòi những gì. Muốn kết luận, cần dữ liệu bay (đường bay, lúc mất tín hiệu, cài đặt tự quay về) và tệp gốc trên thẻ nhớ (máy có ghi hình khi bay qua không, ghi được gì). Nếu hình ảnh đã bị đăng lên mạng, vấn đề lúc đó là hành vi công bố hình ảnh, không còn là chuyện của chiếc máy.

Cách xử lý đề xuất. Trước khi bay: kiểm tra máy đã đăng ký, chuyến bay đã có phép, và đặt độ cao tự quay về sao cho đường về không cắt qua mái nhà. Trong khi bay: khi tín hiệu yếu, cho máy hạ cánh ở chỗ trống gần nhất thay vì cố đưa về. Sau sự việc: giữ nguyên thẻ nhớ và dữ liệu bay, cùng chủ nhà xem lại tệp trước khi xóa bất cứ thứ gì.

Tình huống 2. Doanh nghiệp sử dụng UAV kiểm tra công trình

Ở lượt kiểm tra thứ ba của hợp đồng mười bốn cây cầu (Chương 19, 20), chiếc máy 6,5 kg của đội Tuấn bị gió giật đẩy vào đường dây trung thế chạy song song với cầu. Dây không đứt, nhưng một trạm bơm thủy lợi mất điện bốn giờ. Điện lực đòi chi phí sửa chữa; hợp tác xã dùng nước đòi thêm tiền vì lỡ một đợt bơm. Cả hai lá thư cùng đến bàn chị Hà.

Điểm khác biệt. So với chuyến bay của Khoa, ở đây có một hợp đồng, và có những bên thứ ba không ký hợp đồng ấy. Hư hỏng tài sản, thiệt hại do gián đoạn và thiệt hại kéo theo là ba yêu cầu bồi thường khác nhau, mỗi yêu cầu cần bằng chứng riêng.

Luật nói gì. Chuyến bay thuộc nhóm mục đích đo đạc, khảo sát, giám sát từ trên cao theo phân loại của Nghị định 288; với máy 6,5 kg, người điều khiển phải có giấy phép hạng B; phép bay được cấp theo từng nhiệm vụ, tối đa 30 ngày cho một lần cấp. Trước khi bay, người điều khiển phải kiểm tra tình trạng kỹ thuật, thời tiết, chướng ngại vật và các mối nguy hiểm khác (Nghị định 288, Điều 25 khoản 1 điểm d). Với ban quản lý đường bộ, bên ký hợp đồng, Bộ luật Dân sự có căn cứ về trách nhiệm do vi phạm nghĩa vụ và thiệt hại được bồi thường do vi phạm hợp đồng (Điều 360, 419). Với điện lực và hợp tác xã, căn cứ là trách nhiệm bồi thường thiệt hại ngoài hợp đồng (Điều 584).

Những vấn đề còn phải làm rõ. Muốn buộc công ty trả khoản lỡ bơm, phải chứng minh bốn giờ mất điện thật sự làm lỡ đợt bơm và gây thiệt hại đo được. Muốn viện dẫn gió giật như một sự kiện ngoài khả năng kiểm soát, công ty phải có số liệu gió tại chỗ và nhật ký chuẩn bị cho thấy đội đã đánh giá thời tiết.

Cách xử lý đề xuất. Trước: trong hợp đồng dịch vụ, ghi rõ phạm vi trách nhiệm, giới hạn bồi thường và nghĩa vụ mua bảo hiểm; đọc kỹ điều khoản loại trừ của đơn bảo hiểm. Trong: đồng bộ giờ của nhật ký bay với nhật ký công trường, ghi gió đo tại chỗ. Sau: lập biên bản hiện trường có mặt các bên, giữ dữ liệu bay gốc, và lập hồ sơ riêng cho từng yêu cầu bồi thường.

Tình huống 3. Hợp tác xã sử dụng UAV trong nông nghiệp

Hợp tác xã của ông Sáu thuê một tổ dịch vụ phun thuốc cho 60 ha lúa bằng máy phun có trọng lượng cất cánh tối đa khoảng 50 kg. Ba hôm sau, chủ vườn bưởi giáp ranh báo lá bưởi cháy mép và cho rằng thuốc đã bay sang. Đây đúng là rủi ro mà người thanh niên phun thuê ở Chương 2 lo từ đầu: thuốc phun lệch sang ruộng nhà bên.

Điểm khác biệt. Camera chỉ quan sát; bình phun đưa vật chất ra môi trường. Từ đây, chỉ biết đường bay là chưa đủ: cần biết thuốc gì, liều bao nhiêu, phun lúc nào và gió ra sao.

Luật nói gì. Phục vụ sản xuất nông nghiệp là một nhóm mục đích riêng trong Nghị định 288, và phép bay cho nhóm này được cấp tối đa 180 ngày thay vì 30 ngày, đủ để tổ dịch vụ xin một phép cho cả vụ. Máy 50 kg thuộc loại 4 (từ 25 kg đến dưới 150 kg), nên người điều khiển phải có giấy phép hạng B. Nếu chứng minh được thiệt hại do hành vi làm ô nhiễm môi trường, Bộ luật Dân sự buộc chủ thể gây ô nhiễm bồi thường kể cả khi không có lỗi (Điều 602).

Những vấn đề còn phải làm rõ. Điều 602 chỉ áp dụng khi đã xác lập được nguồn gây hại. Cháy mép lá có nhiều nguyên nhân: nắng gắt, nước mặn, hay một loại thuốc do chính chủ vườn phun. Muốn chứng minh thuốc từ máy phun đã gây hại cho vườn bưởi, cần mẫu lá lấy đúng cách, kết quả phân tích hoạt chất, nhật ký phun có vị trí, thời gian, vệt phun và số liệu gió lúc phun. Thiếu những thứ ấy, cả hai bên đều chỉ có lời kể.

Cách xử lý đề xuất. Trước: thống nhất ranh thửa và dải không phun sát vườn cây khác; ghi tên thuốc và liều lượng trong hợp đồng. Trong: lưu nhật ký và vệt phun; dừng khi gió vượt ngưỡng nhà sản xuất khuyến cáo. Sau khi có phản ánh: lấy mẫu sớm, có người chứng kiến, và đề nghị cơ quan chuyên môn nông nghiệp địa phương giám định nếu hai bên không thống nhất.

2. Nghiên cứu, hàng hóa và dịch vụ công

Ba tình huống tiếp theo phát sinh từ trước khi có chuyến bay: từ nguồn kinh phí, lô hàng và bên mua.

Tình huống 4. Trường đại học nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm UAV

Phòng thí nghiệm của TS. Lâm đang làm một đề tài dùng ngân sách nhà nước. Trong một lần bay thử, nguyên mẫu lai cất, hạ cánh thẳng đứng nặng 12 kg mất cân bằng ở pha chuyển và rơi trong khuôn viên trường. Phần cứng hỏng gần hết; phần mềm điều khiển vẫn chạy

tốt trên mô phỏng. Một doanh nghiệp đề nghị mua quyền sử dụng phần mềm.

Điểm khác biệt. Phương tiện không còn là thiết bị đi khai thác mà là nguyên mẫu trong một nhiệm vụ khoa học dùng tiền công. Ba câu hỏi mới xuất hiện: cơ sở có đủ điều kiện chế tạo, thử nghiệm không; tài sản hỏng xử lý thế nào; và ai được bán phần mềm.

Luật nói gì. Nghiên cứu không phải trường hợp được miễn phép bay (Luật Phòng không nhân dân, Điều 30 khoản 3), và tổ chức nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm UAV phải có giấy chứng nhận đủ điều kiện do Bộ Quốc phòng cấp, với ít nhất 3 nhân sự được đào tạo chuyên ngành kỹ thuật hàng không (Luật, Điều 28 khoản 2; Nghị định 288, Điều 10). Nguyên mẫu cần giấy xác nhận tình trạng kỹ thuật để được đăng ký hoặc đăng ký tạm thời, và phương tiện đăng ký tạm thời chỉ được cấp phép bay trong khu vực giới hạn (Nghị định 288, Điều 18 khoản 3, Điều 21 khoản 1; Chương 19). Với tài sản và kết quả, Luật Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo đã có lời đáp. Tài sản trang bị từ ngân sách được giao tự động cho tổ chức chủ trì (Điều 24); với vật mẫu, sản phẩm mẫu như chiếc nguyên mẫu, tổ chức chủ trì tự quyết định theo dõi riêng, bán, hủy hoặc tái sử dụng (Điều 25 khoản 4). Phần kết quả tương ứng kinh phí ngân sách cũng được giao tự động cho tổ chức chủ trì, trừ một số ngoại lệ như nhiệm vụ quốc phòng, an ninh do tổ chức ngoài Bộ Quốc phòng, Bộ Công an chủ trì; tổ chức được giao quyền tự quyết định việc thương mại hóa kết quả, nhưng với nhiệm vụ do ngân sách cấp toàn bộ, nếu sau 3 năm kể từ khi kết thúc nhiệm vụ mà tổ chức chủ trì không triển khai ứng dụng và có tổ chức, cá nhân khác có nhu cầu, Nhà nước có thể thu hồi hoặc cho tổ chức, cá nhân khác sử dụng (Điều 25). Nếu đã tuân thủ đủ quy định mà nhiệm vụ không đạt mục tiêu, tổ chức chủ trì không phải hoàn trả kinh phí đã dùng đúng mục tiêu, phạm vi (Nghị định 265/2025/NĐ-CP, Điều 11). Miễn, loại trừ trách nhiệm theo Điều 22 Luật Khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo chỉ được xét khi lần thử nằm trong cơ chế thử nghiệm có kiểm soát đã được cấp phép,

và miễn trách nhiệm dân sự chỉ đối với thiệt hại cho Nhà nước, không đối với thiệt hại cho người khác.

Những vấn đề còn phải làm rõ. Việc của trường là chứng minh mình đáp ứng những điều kiện ấy: đề tài có đúng là nhiệm vụ khoa học dùng ngân sách theo luật này không, có thuộc ngoại lệ không, doanh nghiệp kia có từng góp kinh phí không (khi đó quyền với kết quả chia theo tỷ lệ đóng góp hoặc theo thỏa thuận, Điều 25 khoản 1), và hồ sơ thử nghiệm có cho thấy quy trình đã được tuân thủ không.

Cách xử lý đề xuất. Trước: kiểm tra giấy chứng nhận đủ điều kiện của cơ sở và đăng ký tạm thời của nguyên mẫu; khoanh vùng bay thử trong khu vực giới hạn ghi trong phép bay. Trong: ghi đủ dữ liệu của mọi lần bay thử, kể cả lần hỏng. Sau: lập biên bản hư hỏng, quyết định xử lý nguyên mẫu theo Điều 25 khoản 4, và xử lý hợp đồng chuyển giao phần mềm riêng với tài sản phần cứng.

Tình huống 5. Doanh nghiệp nhập khẩu UAV để kinh doanh

Công ty của chị Hạnh định nhập 200 máy phun nông nghiệp nguyên chiếc, kèm 600 bộ pin và một lô bộ điều khiển dự phòng, để bán cho các tổ dịch vụ ở đồng bằng sông Cửu Long. Đối tác nước ngoài hỏi: "Bên chị cần giấy gì để chúng tôi xuất hàng?"

Điểm khác biệt. Ở đây chưa có chuyến bay nào. UAV lúc này vẫn chỉ là hàng hóa, và câu hỏi là ai được đưa nó ra thị trường, cần giấy tờ gì.

Luật nói gì. Tổ chức kinh doanh UAV phải có giấy chứng nhận đủ điều kiện kinh doanh (Luật Phòng không nhân dân, Điều 28 khoản 4); theo Thông tư 146/2025/TT-BQP, giấy này do Bộ Chỉ huy quân sự cấp tỉnh hoặc Bộ Tư lệnh Thủ đô Hà Nội cấp. Ủy ban nhân dân cấp tỉnh cấp phép nhập khẩu (Luật Phòng không nhân dân, Điều 27 khoản 3, sửa bởi Luật 14/2026/QH16) sau khi có ý kiến của Bộ Quốc phòng về tiêu chuẩn kỹ thuật, tiêu chuẩn đủ điều kiện bay, và của Bộ Công an về chủ thể, số lượng, mục đích sử dụng, an ninh (Nghị định 288, Điều 6). Khi

bán, doanh nghiệp phải lưu hồ sơ người mua, người thuê và cung cấp khi cơ quan quân sự, công an yêu cầu (Điều 14 khoản 2). Giấy phép nhập khẩu cùng tờ khai hải quan là giấy tờ chứng minh sở hữu để khách hàng đăng ký phương tiện (Điều 18 khoản 1).

Những vấn đề còn phải làm rõ. Pin và bộ điều khiển dự phòng có thuộc nhóm "trang bị, thiết bị của phương tiện bay" phải xin phép cùng máy hay không là câu hỏi phân loại hàng hóa. Câu hỏi ấy cần hồ sơ kỹ thuật của từng mặt hàng và ý kiến của cơ quan hải quan; sách không đoán mã hàng.

Cách xử lý đề xuất. Trước: có giấy chứng nhận đủ điều kiện kinh doanh trước khi ký hợp đồng nhập; chuẩn bị hồ sơ tiêu chuẩn kỹ thuật để Bộ Quốc phòng cho ý kiến. Khi bán: lập sổ khách hàng theo Điều 14. Với khách: giao kèm bản sao giấy phép nhập khẩu và tờ khai để họ đăng ký, và nói rõ rằng đăng ký chưa phải phép bay.

Tình huống 6. Địa phương thuê doanh nghiệp cung cấp dịch vụ bay

Sau mùa mưa, một sở chuyên môn của tỉnh dùng ngân sách thuê doanh nghiệp bay khảo sát 15 điểm sạt lở. Doanh nghiệp giao một ổ cứng gồm ảnh trực giao và mô hình ba chiều. Ba tháng sau, sở muốn chuyển dữ liệu gốc cho một viện nghiên cứu; doanh nghiệp trả lời rằng hợp đồng chỉ bán báo cáo.

Điểm khác biệt. Bên mua dùng tiền công. Câu hỏi không chỉ là bay có đúng luật không, mà còn là mua có đúng luật không, nghiệm thu cái gì, và ai có quyền với dữ liệu.

Luật nói gì. Nghị định 288 nhắc riêng tới kinh doanh cung cấp dịch vụ bay: phương tiện dùng để cung cấp dịch vụ bay hoặc cho thuê phải có giấy chứng nhận đăng ký hoặc đăng ký tạm thời còn hiệu lực (Điều 14 khoản 3). Nếu là bay công vụ, phép bay được cấp tới 180 ngày và được xét cấp cả trong khu vực cấm bay (Điều 4 khoản 3, Điều 19 khoản 7, Điều 21 khoản 4; Chương 19). Về mua sắm, Luật số

90/2025/QH15 đã bổ sung hình thức đặt hàng vào Luật Đấu thầu cho một số nhóm hàng hóa, dịch vụ, trong đó có dịch vụ công ích và dịch vụ sự nghiệp công. Nếu dữ liệu có hình ảnh nhận dạng được người dân, việc chuyển cho bên thứ ba còn phải tuân thủ Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân.

Những vấn đề còn phải làm rõ. Hai câu hỏi cần ý kiến chuyên môn. Một: dịch vụ do doanh nghiệp tư nhân thực hiện cho cơ quan nhà nước có được coi là bay công vụ không, khi nghị định không định nghĩa nhóm này. Hai: gói khảo sát này có thuộc nhóm được đặt hàng không, hay phải lựa chọn nhà thầu theo hình thức khác. Riêng chuyện dữ liệu gốc thì không cần chuyên gia: hợp đồng đã ghi gì về sản phẩm bàn giao và quyền sử dụng thì đó là câu trả lời.

Cách xử lý đề xuất. Trước: viết đề bài theo đầu ra (danh mục tệp, độ phân giải, sai số, định dạng) và ghi rõ bên mua có quyền với dữ liệu gốc tới đâu. Khi nghiệm thu: kiểm chất lượng theo đề bài, không chỉ đếm tệp. Sau: lập danh mục dữ liệu bàn giao kèm siêu dữ liệu, để lần sau dùng lại mà không phải bay lại.

3. Chủ thể và phương thức vận hành đặc biệt

Ba tình huống kế tiếp giữ mục đích quen thuộc nhưng đổi người điều khiển, số phương tiện hoặc cách quan sát.

Tình huống 7. Doanh nghiệp nước ngoài đưa UAV vào Việt Nam

Một hãng nước ngoài mang ba chiếc UAV tới một triển lãm ở Hà Nội và cử kỹ sư của mình bay trình diễn. Sau triển lãm, hãng muốn đưa một chiếc lên một tỉnh biên giới để bay khảo sát thử cho khách hàng.

Điểm khác biệt. Tình huống này đặt ra ba vấn đề pháp lý khác nhau: hàng hóa vào theo chế độ nào, người nước ngoài được điều khiển với giấy gì, và chuyến bay ở vùng biên giới cần gì thêm.

Luật nói gì. Với hàng hóa, Ủy ban nhân dân cấp tỉnh cấp phép tạm nhập tái xuất (Luật Phòng không nhân dân, Điều 27 khoản 3) sau khi có ý kiến của Bộ Quốc phòng và Bộ Công an (Nghị định 288, Điều 6); trước khi bay, máy vẫn phải có giấy chứng nhận đăng ký hoặc đăng ký tạm thời (Điều 19 khoản 1). Với người, giấy phép nước ngoài chỉ có giá trị khi được cơ quan cấp giấy phép điều khiển bay của Việt Nam công nhận (Luật Phòng không nhân dân, Điều 31 khoản 2 điểm c), và Quân chủng Phòng không – Không quân giải quyết việc công nhận trong 5 ngày làm việc (Thông tư 146, Điều 12 khoản 3). Người nước ngoài còn phải có tổ chức hoặc cá nhân Việt Nam bảo lãnh, và văn bản bảo lãnh nằm trong hồ sơ xin phép bay (Luật, Điều 31 khoản 2 điểm d; Nghị định 288, Điều 19 khoản 6, Điều 22 khoản 1). Với chuyến bay ở vùng trời khu vực biên giới, hồ sơ phải nộp trước ít nhất 7 ngày so với ngày phải thông báo cho nước láng giềng theo hiệp định về quy chế quản lý biên giới, và việc hiệp đồng bay tuân thủ hiệp định ấy (Nghị định 288, Điều 22 khoản 2, Điều 25 khoản 2).

Những vấn đề còn phải làm rõ. Ba nhánh có ba bộ giấy tờ, và không giấy nào thay được giấy nào: giấy tạm nhập không chứng minh quyền bay, văn bản bảo lãnh không thay giấy phép điều khiển. Điều kiện cụ thể của từng hiệp định biên giới thì phải đọc chính hiệp định với nước liên quan.

Cách xử lý đề xuất. Trước: lập lịch ngược từ ngày bay ở biên giới, cộng cả thời gian thông báo cho nước láng giềng; nộp hồ sơ công nhận giấy phép cho kỹ sư sớm; chọn đối tác Việt Nam thực hiện trách nhiệm bảo lãnh theo quy định. Trong: mang theo phép bay, giấy đăng ký và văn bản công nhận. Sau triển lãm: làm thủ tục tái xuất đúng hạn.

Tình huống 8. Tổ chức biểu diễn nhiều UAV

Ban tổ chức lễ hội mùa thu của một thành phố đặt 500 chiếc UAV xếp hình trên mặt hồ. Phương án ban đầu chỉ có buổi bay tổng duyệt trên một bãi trống. Một tuần trước ngày diễn, ban tổ chức quyết định bán vé cho khán giả đứng dọc bờ hồ.

Điểm khác biệt. Hai thay đổi độc lập: từ một máy sang nhiều máy do một hệ thống điều khiển, rồi từ bãi trống sang nơi có đám đông.

Luật nói gì. Người điều khiển phương tiện bay theo chương trình cài đặt sẵn qua bộ điều khiển trung tâm phải có giấy phép hạng B (Nghị định 288, Điều 19 khoản 3, Điều 27 khoản 1). Khi một người điều khiển đồng thời từ hai phương tiện trở lên, phải chứng minh được khả năng công nghệ đáp ứng yêu cầu an toàn, thể hiện trong thông số kỹ thuật của hệ thống; bay xếp hình, xếp chữ, biểu diễn ánh sáng phải được cơ quan nhà nước có thẩm quyền đồng ý hoặc phê duyệt, và văn bản ấy đi kèm hồ sơ xin phép bay; phép bay cấp theo sự kiện, địa điểm cụ thể (Điều 19 khoản 4, Điều 21 khoản 1, Điều 22 khoản 1).

Những vấn đề còn phải làm rõ. Nghị định không đặt khoảng cách tối thiểu giữa đội hình và khán giả. Khoảng cách ấy phải được chứng minh trong phương án an toàn: vùng rơi khi một máy hỏng, hành vi của cả đội hình khi mất tín hiệu, lối thoát của đám đông. Khi quyết định bán vé một tuần trước ngày diễn, phương án đã được phê duyệt không còn phù hợp.

Cách xử lý đề xuất. Trước: nộp phương án có cả bố trí khán giả, không chỉ đội hình bay; khi quy mô khán giả đổi, báo lại cơ quan đã phê duyệt. Trong: ghi nhật ký của hệ thống điều khiển trung tâm, không chỉ của từng máy. Sau: lưu dữ liệu đủ để dựng lại vị trí từng máy theo thời gian.

Tình huống 9. Hoạt động bay ngoài tầm nhìn

Một đội bay của công ty truyền tải điện trong Chương 4 muốn kiểm tra hành lang 40 km qua vùng đồi bằng một chiếc máy lai cánh cố định nặng 8 kg, cất cánh ở đầu tuyến và hạ cánh ở cuối tuyến. Phần lớn hành trình nằm ngoài tầm nhìn của người điều khiển.

Điểm khác biệt. Người điều khiển không còn tự thấy máy. Những gì trước đây người điều khiển tự nhìn thấy, như vị trí, chướng ngại vật, máy bay khác, nay phải nhận qua hệ thống.

Luật nói gì. Bay ngoài tầm nhìn đòi giấy phép điều khiển bay quan sát bằng thiết bị, tức hạng B; hạng A chỉ dành cho bay trong tầm nhìn (Nghị định 288, Điều 3 khoản 5, Điều 27 khoản 1). Khu vực bay trong phép được ghi bằng tọa độ theo hệ WGS-84 và độ cao so với địa hình (Điều 23 khoản 4). Khi bay từ 50 m trở lên, Bộ Chỉ huy quân sự cấp tỉnh gửi kế hoạch dự báo bay tới Trung tâm Quản lý điều hành bay khu vực trước ít nhất 24 giờ; trên 200 m, cơ quan quân sự phối hợp thêm với đơn vị quản lý vùng trời và điều hành bay (Điều 25 khoản 3, khoản 4).

Những vấn đề còn phải làm rõ. Các văn bản đã dẫn không kèm một danh mục công nghệ bắt buộc cho bay ngoài tầm nhìn, như hệ thống phát hiện và tránh hay một phương pháp đánh giá rủi ro cụ thể. Vì thế đội bay phải tự chứng minh với cơ quan cấp phép: ở từng đoạn tuyến, máy làm gì khi mất liên kết chỉ huy – điều khiển hay mất định vị, ai theo dõi vị trí, cảnh báo gửi cho ai. Bằng chứng ấy là dữ liệu và quy trình, không phải tên công nghệ.

Cách xử lý đề xuất. Trước: chia tuyến thành từng đoạn và định trước hành vi khi mất liên kết cho từng đoạn tuyến; khảo sát các điểm hạ cánh dự phòng. Trong: có người theo dõi vị trí liên tục và giữ kênh liên lạc với cơ quan được chỉ định trong phép bay. Sau: lưu nhật ký liên kết, vị trí và cảnh báo theo cùng một đồng hồ.

4. Vi phạm, sự cố và trách nhiệm

Tình huống 10. Những vi phạm và rủi ro pháp lý thường gặp

Chín tình huống trên có một điểm chung: các bên tham gia đều có ý định tuân thủ quy định. Tình huống cuối nhìn từ phía ngược lại: những hành vi mà luật đã quy định là vi phạm. Bảng 21.1 gom những vi phạm thường gặp nhất và biện pháp ngăn chặn mà luật cho phép áp dụng ngay tại chỗ. Chương không nêu mức phạt (Hộp 21.2), chỉ nhắc một phân biệt mà văn bản xử phạt hiện hành (Nghị định 282/2025/NĐ-CP, sửa

bởi Nghị định 347/2026/NĐ-CP) quy định rõ: bay khi chưa có phép và bay sai nội dung phép đã cấp là hai hành vi khác nhau.

BẢNG 21.1. Những vi phạm thường gặp và biện pháp ngăn chặn theo luật

Hành vi	Căn cứ	Biện pháp có thể áp dụng ngay
Bay khi chưa có phép (trừ trường hợp được miễn)	Luật PKND Điều 31 khoản 2 điểm a; Điều 34 khoản 1 điểm a	Chế áp, tạm giữ
Bay vào khu vực cấm bay, hạn chế bay khi chưa được phép	Luật PKND Điều 34 khoản 1 điểm a	Chế áp, tạm giữ
Xâm phạm cảng hàng không, sân bay hoặc vùng lân cận có tàu bay hoạt động	Luật PKND Điều 34 khoản 1 điểm b; Luật Hàng không dân dụng (HKDD) Điều 12 khoản 15	Chế áp, tạm giữ
Bay không đúng nội dung phép (khu vực, độ cao, thời gian)	Luật PKND Điều 33 khoản 1 điểm a; NĐ 288 Điều 25 khoản 5	Đình chỉ bay
Người điều khiển không đủ điều kiện (chưa đủ tuổi, thiếu giấy phép phù hợp, có cồn, chất cấm)	Luật PKND Điều 31 khoản 2 điểm c, Điều 33 khoản 1 điểm c; NĐ 288 Điều 19 khoản 2, 3	Đình chỉ bay
Phương tiện chưa đăng ký hoặc không đúng đăng ký	Luật PKND Điều 29 khoản 1, Điều 33 khoản 1 điểm d	Đình chỉ bay
Không chấp hành yêu cầu đình chỉ bay	Luật PKND Điều 34 khoản 1 điểm a	Chế áp, tạm giữ
Quay phim, chụp ảnh làm lộ mục tiêu trận địa, công trình chiến đấu	Luật PKND Điều 7 khoản 4; Điều 34 khoản 1 điểm c (vi phạm pháp luật khác)	Chế áp, tạm giữ
Mang thiết bị, vũ khí, vật liệu nổ, chất cấm hoặc vận chuyển hàng hóa trái pháp luật	Luật PKND Điều 7 khoản 9; Điều 34 khoản 1 điểm d	Chế áp, tạm giữ

Nguồn: Luật Phòng không nhân dân (Luật PKND), Nghị định 288/2025/NĐ-CP, Luật Hàng không dân dụng Việt Nam 2025 (Luật HKDD). Chế áp là ép hạ cánh khẩn cấp hoặc vô hiệu hóa phương tiện khi có đe dọa nghiêm trọng, kèm tạm giữ phương tiện, người điều khiển

và lập biên bản (Nghị định 288, Điều 25 khoản 7). Phép bay còn có thể bị hủy bỏ vì lý do an ninh, quốc phòng, an toàn bay, hoặc khi phát hiện sai phạm trong quá trình cấp phép (Điều 24).

Phần rủi ro thì khác: ở đây luật không cho sẵn đáp án. Một nhiệm vụ khảo sát theo hợp đồng có ba nhà cung cấp: một bên cho thuê máy, một bên cung cấp phần mềm điều hành, một bên vận hành. Giữa chuyến bay, hệ thống phát cảnh báo an ninh mạng; máy lệch ra ngoài khu vực trong phép khoảng 300 m, va vào mái tôn một nhà xưởng rồi rơi. Tuần sau, một người dân khiếu nại vì thấy ảnh nhà mình trong bộ dữ liệu được chuyển cho khách hàng.

Các dấu hiệu ấy kéo theo sáu nhóm câu hỏi, mỗi tuyến cần bằng chứng riêng. Lệch khỏi khu vực trong phép là hành vi đã có tên trong Bảng 21.1, kiểm bằng dữ liệu vị trí so với tọa độ trong phép. Hư hỏng mái nhà là yêu cầu bồi thường ngoài hợp đồng, cần biên bản và giám định. Khiếu nại về ảnh là câu hỏi dữ liệu cá nhân: tệp nào đã chuyển, cho ai. Cảnh báo an ninh mạng là một giả thuyết kỹ thuật: có thể là tấn công, cũng có thể là lỗi cấu hình. Việc có ba nhà cung cấp đặt ra câu hỏi về vai trò của từng bên theo hợp đồng, còn bảo hiểm là câu hỏi về phạm vi của hợp đồng bảo hiểm.

Chuỗi suy luận phải đi đủ các nấc: nguyên nhân kỹ thuật, quan hệ nhân quả thực tế, quan hệ nhân quả pháp lý, lỗi, trách nhiệm, phạm vi bảo hiểm. Giám định có thể chỉ ra phần mềm điều hành đã nhận một lệnh sai; điều đó trả lời nấc đầu, chưa trả lời các nấc sau. Trách nhiệm liên đới khi nhiều người cùng gây thiệt hại (Bộ luật Dân sự, Điều 587) chỉ áp dụng khi đã xác định được từng người cùng gây thiệt hại. Trách nhiệm hình sự, nếu có, phải dựa trên dấu hiệu của một tội danh cụ thể, không suy ra từ mức độ hậu quả.

Có một chỗ trống thật sự trong luật. Chế độ bồi thường cho người thứ ba ở mặt đất của Luật Hàng không dân dụng chỉ áp dụng cho tàu bay (Chương 19). Chủ nhà xưởng vì thế đòi bồi thường theo Bộ luật Dân sự, và câu hỏi Chương 19 để ngỏ trở thành câu hỏi của vụ kiện:

nếu chiếc UAV được coi là nguồn nguy hiểm cao độ (Điều 601), chủ sở hữu phải bồi thường cả khi không có lỗi; nếu không, việc bồi thường áp dụng các quy định chung từ Điều 584. Danh mục ở Điều 601 hiện chưa nêu UAV, nên đây là điểm tranh chấp, chưa phải đáp án.

Cách xử lý đề xuất. Ba việc làm từ trước giúp ích cho cả sáu nhóm câu hỏi: đồng bộ thời gian của mọi hệ thống ghi nhật ký; phân vai các nhà cung cấp bằng hợp đồng trước khi bay; và quy định sẵn ai giữ dữ liệu gốc khi có sự cố.

BẢNG 21.2. Tra nhanh mười tình huống

Tình huống	Điểm khác biệt	Căn cứ chính	Việc nên làm trước tiên
1. Flycam cá nhân	Máy ra ngoài phạm vi dự kiến; có camera	Luật PKND Đ.7, 29, 30; NĐ 288 Đ.19, 27; BLDS Đ.32, 38	Đăng ký, xin phép; giữ dữ liệu gốc
2. Kiểm tra công trình	Có hợp đồng và bên thứ ba	NĐ 288 Đ.25; BLDS Đ.360, 419, 584	Ghi giới hạn trách nhiệm, bảo hiểm vào hợp đồng
3. Phun nông nghiệp	Đưa vật chất ra môi trường	NĐ 288 Đ.4, 21, 27; BLDS Đ.602	Lưu nhật ký phun, vệt phun, số liệu gió
4. Đại học thử nguyên mẫu	Nguyên mẫu dùng tiền công	Luật PKND Đ.28, 30; NĐ 288 Đ.10, 18, 21; Luật KH,CN&ĐMST Đ.22, 24, 25; NĐ 265 Đ.11	Giấy chứng nhận cơ sở; biên bản hư hỏng nguyên mẫu
5. Nhập khẩu để bán	Hàng hóa, chưa bay	Luật PKND Đ.28; NĐ 288 Đ.6, 14, 18; TT 146 Đ.8	Giấy chứng nhận kinh doanh trước khi ký nhập
6. Dịch vụ cho địa phương	Bên mua dùng ngân sách	NĐ 288 Đ.4, 14, 19, 21; Luật 90/2025; Luật BVDLCN	Đề bài theo đầu ra và quyền dữ liệu
7. Doanh nghiệp nước ngoài	Hàng, người, tuyến biên giới	Luật PKND Đ.31; NĐ 288 Đ.6, 19, 22, 25; TT 146 Đ.12	Công nhận giấy phép, bảo lãnh, lịch biên giới
8. Biểu diễn nhiều UAV	Nhiều máy, rồi đám đông	NĐ 288 Đ.19, 21, 22, 27	Phương án an toàn có bố trí khán giả

9. Bay ngoài tầm nhìn	Mất quan sát trực tiếp	NĐ 288 Đ.3, 23, 25, 27	Hành vi khi mất liên kết cho từng đoạn tuyến
10. Vi phạm và rủi ro	Nhiều dấu hiệu cùng lúc	Luật PKND Đ.7, 33, 34; NĐ 288 Đ.24, 25; Luật HKDD Đ.2, 12, 105	Đồng bộ nhật ký; phân vai nhà cung cấp

KẾT CHƯƠNG

Thử với một tình huống thứ mười một. Một năm sau, sở chuyên môn ở Tình huống 6 muốn dùng lại bộ ảnh sạt lở để lập bản đồ quy hoạch một khu dân cư mới. Không có chuyến bay mới, chiếc máy không đổi. Điểm khác biệt quyết định là mục đích thu thập và sử dụng dữ liệu. Câu hỏi đầu tiên vì thế không thuộc Luật Phòng không nhân dân mà thuộc hợp đồng cũ: quyền sử dụng đã được giao tới đâu. Câu hỏi thứ hai thuộc Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân: trong ảnh có người nhận dạng được không, và mục đích mới có nằm trong phạm vi đã được phép không.

Phần VI kết thúc bằng một năng lực: trước một sự việc, nhận ra chi tiết làm thay đổi câu hỏi pháp lý, tìm quy định đã có và biết phần nào còn phải chứng minh. Ba chiếc máy trên bãi đất ven sông vẫn giống nhau về hình dáng. Điều người đọc thấy thêm là những quan hệ quanh chúng.

Để có năng lực ấy, chỉ một người đọc giỏi là chưa đủ; còn cần: dữ liệu đăng ký và cấp phép tra cứu được, người thẩm định đủ chuyên môn, và những tổ chức giải trình được quyết định của mình. Vì thế, câu hỏi không còn dừng ở từng nhiệm vụ mà đặt ra ở tầm quốc gia: Việt Nam cần xây dựng những năng lực nào để những việc ấy được làm lặp lại và đáng tin cậy? Đó là điểm bắt đầu của Chương 22.

PHẦN VII
TƯƠNG LAI CỦA KINH TẾ TẦM THẤP VIỆT NAM

CHƯƠNG 22. NHỮNG NĂNG LỰC VIỆT NAM CẦN XÂY DỰNG

Chương 21 khép lại ở câu hỏi Việt Nam cần những năng lực nào để những việc làm đúng được lặp lại và đáng tin cậy. Chương này chuyển từ cấp nhiệm vụ lên những năng lực dùng lại được qua nhiều nhiệm vụ và nhiều thế hệ phương tiện: tạo sản phẩm, vận hành, kiểm chứng và giữ quyền lựa chọn. Ba trường hợp sau cho thấy năng lực ấy có thể bắt đầu từ ba vị trí khác nhau.

Tháng Tư năm 2026, khi nhìn lại mười lăm năm phát triển, Gremsy, một doanh nghiệp công nghệ khởi nguồn tại Khu Công nghệ cao Thành phố Hồ Chí Minh (Chương 12), nhấn mạnh một bước đi khác với hình dung thông thường về ngành UAV: mở rộng năng lực chế tạo những bộ phận chuyên dụng mà phương tiện bay của nhiều hãng khác có thể sử dụng.[80] Doanh nghiệp không bắt đầu bằng tham vọng làm trọn cả chiếc UAV, mà bằng một mắt xích đòi hỏi độ chính xác cao và bán được cho thị trường rộng hơn thị trường nội địa.

Ở Hoa Kỳ, Walmart đứng ở vị trí khác: chuỗi bán lẻ tổ chức nhu cầu và điểm bán, còn các đối tác như Wing và Zipline đảm nhiệm chuyến bay giao hàng.[110] Năng lực đáng chú ý là tổ chức cả chuỗi từ đơn hàng, chuẩn bị hàng, điểm xuất phát đến giao nhận và xử lý sai lệch.

Điện Biên đặt ra vị trí thứ ba: địa phương tổ chức thử nghiệm trong nông nghiệp, logistics, y tế và bản đồ số để kiểm tra nhu cầu và cách cung ứng dịch vụ (Chương 15, 16).[11, 74]

Ba trường hợp đặt Việt Nam trước một câu hỏi không thể trả lời bằng số UAV đã mua, số doanh nghiệp tuyên bố tham gia hay số nhà máy dự định xây: **điều gì phải còn lại sau khi một hợp đồng kết thúc, một mẫu thiết bị ngừng sản xuất hoặc một chương trình hỗ trợ hết kinh phí?** Nếu chỉ còn một đội máy và các báo cáo đã nghiệm thu, nền kinh tế mới chưa hình thành. Nếu còn năng lực thiết kế và sửa đổi, chuỗi cung ứng có thể thay thế, dữ liệu và dịch vụ liên thông, người đủ khả năng làm việc, bằng chứng kiểm chứng được và nhu cầu sẵn sàng trả tiền, đó mới là nền để tích lũy.

Câu hỏi ấy cũng nhắc rằng Việt Nam không bắt đầu từ con số không. Ở đồng bằng sông Cửu Long, một lực lượng UAV nông nghiệp được ước tính có từ 6.000 đến 10.000 chiếc đã hình thành chủ yếu từ nhu cầu và tiền của nông hộ, hợp tác xã (Chương 17).[88, 97] Đã có doanh nghiệp trong nước bán cấu phần và tải trọng ra thị trường nước ngoài (Chương 12), và đã có địa phương tổ chức thử nghiệm có kiểm soát. Vì thế, việc cần làm trước không phải xây những thứ chưa có người dùng, mà tổ chức những gì đã có thành năng lực tích lũy được: nâng thị trường dịch vụ đang hoạt động lên chuẩn mực về bằng chứng, dữ liệu và hợp đồng; tham gia chuỗi cung ứng toàn cầu bằng những cấu phần có năng lực cạnh tranh và khó thay thế; và để Nhà nước đầu tư vào phần hạ tầng bảo chứng mà thị trường khó tự xây dựng – đăng ký và định danh, dữ liệu vùng trời có thẩm quyền, năng lực thử nghiệm và đánh giá sự phù hợp – đồng thời làm bên đặt hàng đầu tiên cho những bài toán công ích.

1. Một bộ phận có thể bán cho thế giới còn hơn một chiếc máy chỉ bay được trong sân thử

Bàn về năng lực công nghiệp UAV, câu hỏi hay gặp nhất là Việt Nam đã chế tạo được một chiếc UAV hoàn chỉnh hay chưa. Câu hỏi ấy

cần thiết, nhưng chưa đủ. Một phương tiện có thể do một doanh nghiệp tích hợp từ nhiều thành phần, trong khi một nhà cung cấp khác chỉ sản xuất hệ thống ổn định camera nhưng tham gia được vào nhiều cấu hình UAV trên thế giới. Không thể nhìn tên sản phẩm mà biết vị trí nào tạo năng lực sâu hơn; phải xét quyền thiết kế, yêu cầu chất lượng, khả năng sửa đổi, truy xuất và thị trường.

Gremsy đi theo lựa chọn thứ hai: thành phần chuyên dụng cho nhiều hệ thống thay vì toàn bộ chiếc UAV. Sản phẩm ổn định camera và thiết bị mang cảm biến của doanh nghiệp đã có khách hàng ở nhiều thị trường nước ngoài (Chương 12); các công bố hiện có không cho biết doanh thu, thị phần hay lợi nhuận, nên không thể suy ra vị thế dẫn đầu toàn cầu. Bước đầu tư tiếp theo là GP1, nhà máy nghiên cứu và sản xuất mô-đun camera khởi công ngày 25/11/2025, vốn đầu tư ban đầu công bố 550 tỷ đồng, dự kiến vận hành chính thức từ quý II/2027.[80, 81, 100]

Cần tách ba tầng. **Có sản phẩm bán được** là một kết quả trên thị trường. **Có năng lực thiết kế và kiểm soát thay đổi** là một năng lực công nghệ và tổ chức, phải xem qua hồ sơ kỹ thuật cùng kết quả kiểm thử. **Có kế hoạch đầu tư nhà máy** là cam kết vốn cho tương lai, chưa phải bằng chứng công suất đã hình thành. Nhầm ba tầng này, các quyết định hỗ trợ, mua sắm và đào tạo sẽ đi chệch mục tiêu.

Năng lực thiết kế từ yêu cầu khác với chỉ lắp ráp theo một bản vẽ. Khách hàng có thể cần thay camera, tăng độ ổn định khi rung, ghép cảm biến nhiệt hoặc điều chỉnh giao thức truyền dữ liệu. Bên làm chủ thiết kế phải biết thay đổi ấy tác động tới khối lượng, điện năng, kết cấu, phần mềm, độ tin cậy và quy trình thử thế nào. Quyền sửa đổi không chỉ là có tập tin thiết kế, mà còn là có người hiểu lý do của các lựa chọn, có dữ liệu thử và phương pháp xác nhận phiên bản mới.

Vì vậy, tự chủ công nghiệp không nên chỉ đo bằng tỷ lệ giá trị linh kiện nội địa. Một tỷ lệ cao có thể đi cùng phụ thuộc hoàn toàn vào một phần mềm điều khiển hoặc một vật tư không có nguồn thay thế. Ngược lại, một tỷ lệ nội địa hóa chưa cao nhưng doanh nghiệp kiểm soát được

yêu cầu, kiến trúc, chất lượng và nguồn cung thay thế có thể cho phép sản phẩm tiếp tục phát triển. Tỷ lệ ấy vẫn đáng đo, nếu được giải thích đúng. Kết luận 99-KL/TW của Bộ Chính trị đặt mục tiêu phấn đấu tỷ lệ nội địa hóa các dòng UAV chủ lực phục vụ sản xuất đạt trên 30–40% vào năm 2030, đạt trên 85% vào năm 2045; ở phần nhiệm vụ, Kết luận cũng yêu cầu từng bước làm chủ công nghệ lõi và từng bước tham gia chuỗi cung ứng toàn cầu.[2]

Điểm nghẽn cần kiểm tra: Nếu một linh kiện chủ chốt ngừng được cung cấp, doanh nghiệp mất bao lâu để đánh giá linh kiện thay thế, thử lại sản phẩm và giao hàng đúng cam kết? Toàn ngành UAV Việt Nam chưa có một con số chung đủ tin cậy; chỉ số này phải đo ở từng năng lực cụ thể, không thể bù bằng khẩu hiệu "tự chủ".

2. Một triệu lượt giao hàng không chỉ là chuyện của chuyến bay

Thông báo ngày 29/5/2026 của Walmart ghi nhận hơn một triệu lượt giao tích lũy qua mạng đối tác, từ 66 cửa hàng thuộc bốn bang, thời gian giao trung bình 23 phút; khoảng 40% số lượt ấy, tức chừng 400.000 lượt tính từ số làm tròn, diễn ra trong quý I năm tài chính 2027 của hãng.[110] Đó là quy mô theo báo cáo doanh nghiệp, chưa phải số liệu kiểm toán độc lập về chi phí hay lợi nhuận.

Điều đáng học không phải là sao chép mô hình cửa hàng Mỹ. Walmart có mạng điểm bán gần người tiêu dùng, hệ thống đặt hàng và chuẩn bị hàng; Wing và các nhà cung cấp dịch vụ bay lo phần vận chuyển. Một hãng chỉ sản xuất UAV không tự dưng có mạng khách hàng ấy; nhà bán lẻ cũng không tự dưng có năng lực khai thác an toàn. Hai bên phải kết nối ở các giao diện: ai nhận đơn, ai xác nhận hàng đủ điều kiện, ai ra quyết định khi thời tiết không phù hợp, ai báo cho người mua, ai chịu chi phí khi đơn phải chuyển phương thức giao khác.

Ngày 5/10/2026, Wing công bố mạng hợp tác với Walmart có khả năng tiếp cận hơn ba triệu khách hàng và kế hoạch mở rộng tới hơn 270

cửa hàng Walmart, trong đó Denver và Seattle dự kiến bắt đầu năm 2027.[147] Khả năng tiếp cận chưa phải số người đã dùng; địa điểm dự kiến chưa phải năng lực đang vận hành.

Hai nhóm số liệu ấy giúp kiểm tra khái niệm năng lực quốc gia: phương tiện tạo năng lực cung, mạng bán lẻ và người mua tạo nhu cầu, còn dữ liệu đơn hàng, lịch bay, thời tiết, giao nhận và thanh toán nối hai phía. Nếu không kiểm soát được kết quả đến tay người nhận, chuyến bay thành công vẫn có thể đi kèm một đơn hàng thất bại; thiếu năng lực xử lý ngoại lệ, mở rộng nhanh sẽ kéo chi phí lên cùng tốc độ.

Điều Việt Nam cần giữ từ trường hợp này là một nguyên tắc lựa chọn: **nhu cầu lặp lại hình thành từ những việc người sử dụng muốn tiếp tục trả tiền để được làm, không từ số phương tiện hiện có**. Một mạng vận chuyển mẫu xét nghiệm, kiểm tra công trình hay giao vật tư có thể rất khác mạng bán lẻ Mỹ, nhưng đều phải xác định bên mua, thời hạn nhận kết quả, phương pháp nền, tần suất nhu cầu và trách nhiệm khi dịch vụ không đạt. Phép tính tổng chi phí và điểm ngưỡng đã có ở Chương 14; ở đây, điều cần là năng lực tổ chức để những phép tính ấy có dữ liệu thật.

3. Nhận dạng được chiếc UAV chưa có nghĩa các hệ thống đã làm việc được với nhau

Năng lực thứ ba nằm giữa nhà sản xuất và nhà khai thác: dữ liệu nhận dạng phương tiện, thông tin về chủ thể, tình trạng kỹ thuật, điều kiện hoạt động và kết quả giám sát phải được đúng người có trách nhiệm đối chiếu. Một chiếc UAV có mã đăng ký nhưng hồ sơ quản lý không được cập nhật khi thay chủ thể hoặc cấu hình đổi khác sẽ tạo ra một khoảng trống. Một hệ thống phát tín hiệu nhận dạng mà không có cơ chế sử dụng, xác minh và xử lý thông tin cũng mới làm được một nửa việc.

Hoa Kỳ có một mốc thể chế kiểm chứng được: FAA kết thúc giai đoạn tạm chưa xử lý vi phạm đối với yêu cầu nhận dạng từ xa từ ngày

16/3/2024, với các hoạt động thuộc diện phải tuân thủ, và mô tả nhận dạng từ xa như nền tảng giúp nhận biết phương tiện và vị trí trạm điều khiển khi cần kiểm tra.[41] Đó là ví dụ về một yêu cầu kỹ thuật được đưa vào hệ thống quản lý. Mốc này **không** có nghĩa là có nhận dạng từ xa thì được bay ở mọi nơi, cũng không phải mẫu để áp nguyên cho Việt Nam.

Tại Việt Nam, Nghị định 288/2025/NĐ-CP đã đặt khung cho đăng ký, khai thác, sản xuất và đào tạo điều khiển (Chương 19). Ngày 29/9/2026, dự thảo sửa đổi nghị định này được đưa ra lấy ý kiến, cho thấy các vấn đề pháp lý vẫn đang được điều chỉnh.[4] Ở tầm định hướng, Kết luận 99-KL/TW yêu cầu quản lý từ đăng ký, định danh, cấp phép, điều hành, giám sát đến kiểm tra, xử lý vi phạm, với hạ tầng có khả năng tích hợp, liên thông với hệ thống quản lý vùng trời, điều hành bay quân sự, dân dụng.[2] Chương 19–21 đã bàn cách đối chiếu căn cứ pháp lý cho từng nhiệm vụ; câu hỏi ở đây là cần năng lực dữ liệu và tổ chức nào để việc đối chiếu ấy vẫn đáng tin khi số hoạt động tăng lên.

Có ba phép thử đơn giản cho liên thông. Thứ nhất, khi thông tin đăng ký hoặc đơn vị khai thác thay đổi, những bên có quyền có biết trạng thái nào đang có hiệu lực không? Thứ hai, khi lịch hoặc phạm vi một nhiệm vụ đổi khác, ai được cập nhật và hệ thống nào có thẩm quyền đối chiếu? Thứ ba, sau sự cố hoặc khiếu nại, có thể dựng lại dữ liệu nguồn, người quyết định và phiên bản cấu hình hay không? Nếu không trả lời được, kết nối hai phần mềm qua giao diện lập trình mới chỉ giải quyết được phần kỹ thuật, chưa phải liên thông quản trị.

Hạ tầng liên lạc, định vị, dẫn đường và định thời, cùng dữ liệu địa hình, chướng ngại vật, cũng phải được nhìn như vậy. Độ phủ mạng theo công bố của nhà mạng, một bản đồ ba chiều hay một thiết bị định vị độ chính xác cao chưa cho thấy hệ thống đáp ứng được mọi nhiệm vụ; năng lực cần xây là đo chất lượng trong **điều kiện sử dụng, thông báo giới hạn và duy trì cập nhật**. Địa phương có thể mua dữ liệu, thuê kết nối

hay dùng dịch vụ bên ngoài; điều phải giữ là biết dữ liệu nào đủ tin, ai chịu trách nhiệm và thay thế ra sao khi đầu vào gián đoạn.

4. Chương trình thử nghiệm chỉ có giá trị quốc gia khi kết quả có thể được dùng lại

Điện Biên là ví dụ về năng lực tổ chức thử nghiệm ở cấp địa phương (Chương 15, 16). Điều cần chứng minh không chỉ là phương tiện bay được, mà là chất lượng đầu ra và khả năng sử dụng trong từng lĩnh vực. Chương trình còn trong thời hạn thử nghiệm (Chương 15), nên chưa có báo cáo nghiệm thu cuối kỳ; tổng chi phí thực tế hay tác động kinh tế – xã hội đã đo cũng chưa được công bố. Mục tiêu công bố chưa phải thành tích. Giá trị chiến lược của thử nghiệm nằm ở khả năng tạo dữ liệu có thể truy xuất: đường cơ sở, điều kiện thực hiện, chất lượng đầu ra, bên nghiệm thu và giới hạn áp dụng.

Một lần thử chỉ tạo ra năng lực chung khi kết quả được tổ chức để có thể kiểm tra, so sánh và dùng lại hợp pháp. Nếu bản đồ chỉ nằm trong máy của một nhà thầu, dữ liệu vận hành không thể xuất để phân tích, nhật ký không giữ cấu hình hoặc kết luận thử nghiệm không ghi điều kiện thời tiết, địa hình và chủ thể, chương trình sau có thể phải học lại từ đầu. Ngược lại, một kết quả không đạt mục tiêu nhưng chỉ ra được giới hạn kỹ thuật hoặc chi phí thực cũng giúp các địa phương khác tránh một quyết định đầu tư sai.

Năng lực kiểm chứng không chỉ là phòng thử nghiệm, mà còn là người thiết kế phép thử, phương pháp đánh giá sự phù hợp, hồ sơ truy xuất, sự phân biệt giữa bên cung cấp và bên nghiệm thu, cùng cơ chế đưa bài học trở lại vào sản phẩm, quy trình và quy định. Từng loại bằng chứng đã bàn ở Chương 18; ở cấp quốc gia, vấn đề là việc kiểm chứng có lặp lại được **qua nhiều tổ chức, không phụ thuộc một nhóm chuyên gia duy nhất hay không**.

Năng lực ấy giúp ích rất thiết thực khi lựa chọn đầu tư. Địa phương có thể thuê một đơn vị đã có năng lực thử thay vì lập ngay cơ

sở thử riêng. Ở cấp quốc gia, Kết luận 99-KL/TW đặt mục tiêu đến năm 2030 đưa vào vận hành ba khu thử nghiệm bay cấp quốc gia và tối thiểu một trung tâm nghiên cứu, thử nghiệm quốc gia về UAV.[2] Nhà sản xuất có thể dùng dịch vụ đánh giá độc lập thay vì tự làm mọi phép thử. Nhưng mọi bên vẫn cần hiểu **báo cáo chứng minh điều gì, với phiên bản nào, trong giới hạn nào: đó là năng lực tích lũy được** trên quy mô rộng hơn một dự án.

5. Cần kết nối bên có khả năng cung cấp dịch vụ với bên có nhu cầu và sẵn sàng chi trả

Các mô hình kinh tế tầm thấp thường được mô tả bằng số kỹ sư, khóa đào tạo, trạm điều hành hay đội UAV. Những số liệu ấy chỉ có giá trị đánh giá khi gắn với nhiệm vụ và kết quả thực tế. Một người điều khiển giỏi chưa đương nhiên có thể phân tích sai số bản đồ; một kỹ sư AI nhận dạng tốt chưa đương nhiên được giao kết luận hư hỏng đường dây; một cán bộ mua sắm không thể nghiệm thu dịch vụ chỉ từ bản trình diễn thiết bị.

Vì thế, nhân lực có mặt ở mọi khâu của chuỗi, không chỉ là một nhóm hỗ trợ bên cạnh phần kỹ thuật. Thiết kế cần người hiểu yêu cầu và kiểm soát phiên bản. Chế tạo cần người truy xuất chất lượng. Vận hành cần người hiểu giới hạn nhiệm vụ. Đánh giá cần người đủ năng lực phát hiện khi bằng chứng không đủ chứng minh điều được khẳng định. Bên mua cần người xác định đầu ra có thể dùng vào quyết định. Thiếu một vai trò, phần việc ấy sẽ dồn về nhà cung cấp, làm tăng phụ thuộc và giảm sức thương lượng.

Có đủ người, hệ thống vẫn có thể dừng vì không ai trả tiền. Trong giai đoạn thử nghiệm để học hỏi, cơ quan được giao thử có thể chấp nhận chi phí cao; chuyển thành hợp đồng nhiều năm thì phải xác định ngân sách, kết quả nghiệm thu, phương thức điều chỉnh giá và trách nhiệm khi không thể cung cấp dịch vụ. Kết luận 99-KL/TW xác định Nhà nước giữ vai trò định hướng, dẫn dắt thị trường ban đầu thông qua

cơ chế đặt hàng, thí điểm, ứng dụng trong khu vực công.[2] Nhưng tạo nhu cầu ban đầu không có nghĩa mọi gói mua sắm công phải ưu tiên UAV, hay mọi dự án được hỗ trợ phải duy trì mãi.

Dù bán một thành phần hay một lượt giao hàng, câu hỏi vẫn là: bên cung cấp giao kết quả gì, cho ai, và có năng lực gì để làm lại được nhiều lần? Với địa phương, đối tượng nghiệm thu có thể là dữ liệu được chuyên gia sử dụng hoặc vật tư giao đúng nơi, không phải thời gian máy ở trên không.

HỘP 22.1. MỘT HỢP ĐỒNG KẾT THÚC, NĂNG LỰC NÀO CÒN Ở LẠI?

Một bản nghiệm thu cho thấy dịch vụ đã được bàn giao; nó chưa cho biết hệ thống có thể vận hành với nhà cung cấp khác hay không. Trước khi mua sắm hoặc hỗ trợ thử nghiệm, bên đặt hàng cần có lời đáp cho ba câu hỏi: hồ sơ nào và dữ liệu nào được bàn giao hợp pháp; ai có thể vận hành, bảo trì, đánh giá lại kết quả sau khi hợp đồng hết hạn; và nguồn chi trả tiếp theo đến từ nhu cầu nào.

6. Cái gì phải làm chủ, cái gì cần kiểm soát, cái gì chỉ cần tiếp cận?

Gremsy cho thấy giá trị của việc giữ quyền thiết kế một bộ phận chuyên sâu; Walmart cho thấy một mạng dịch vụ lớn có thể dựng từ năng lực của nhiều bên; Điện Biên cho thấy thử nghiệm cần tập hợp chính quyền, bên vận hành, nhà cung cấp kỹ thuật và người sử dụng kết quả. Không trường hợp nào ủng hộ kết luận rằng quốc gia phải tự sản xuất mọi bộ phận, hay ngược lại, cứ mua dịch vụ bên ngoài là đủ.

Có ba lựa chọn chiến lược thường bị trộn lẫn. Chọn làm chủ khi quyền thiết kế, sửa đổi và tạo năng lực mới là điều kiện quyết định; kiểm soát khi không tự làm mọi thành phần nhưng phải giữ quyền đặt yêu cầu, truy xuất chất lượng, dữ liệu và nguồn thay thế; tiếp cận khi cần nguồn lực chuyên biệt hoặc dịch vụ dùng ít, miễn là hiểu rõ điều kiện hợp đồng và khả năng thay thế. Cả ba đều có giá; đây không phải ba bậc xếp hạng tự chủ.

Một địa phương không nhất thiết phải xây phòng thử, nhà máy UAV hay hệ thống điều hành riêng khi nhu cầu còn nhỏ và thị trường đã có nhà cung cấp phù hợp, nhưng vẫn phải làm chủ bài toán, tiêu chí nghiệm thu và trách nhiệm sử dụng kết quả. Một doanh nghiệp nhỏ không nhất thiết tự thiết kế động cơ nhưng cần kiểm soát giao diện, chất lượng, nguồn cung và hồ sơ cấu hình.

Lựa chọn nào cũng có rủi ro riêng (Bảng 22.2): làm chủ quá rộng làm phân tán nguồn lực, kiểm soát mà không có dữ liệu và khả năng kiểm thử dễ thành kiểm soát trên giấy, tiếp cận rẻ lúc đầu có thể thành chi phí chuyển đổi cao về sau. Câu hỏi để phân định là: **nếu đầu vào này biến mất, chức năng nào dừng, ai có quyền khôi phục và mất bao lâu để có lại bằng chứng vận hành?**

Để đưa ba lựa chọn ấy vào một quyết định cụ thể, Bảng 22.1 liệt kê mười năng lực cùng loại bằng chứng cần tìm (không phải mười dự án phải đầu tư), còn Bảng 22.2 chỉ ra cách cân nhắc mức làm chủ, kiểm soát và tiếp cận theo nhiệm vụ.

BẢNG 22.1. Mười năng lực và bằng chứng cần kiểm tra

Năng lực	Bằng chứng tối thiểu cần hỏi
Thiết kế từ yêu cầu	Bản yêu cầu, lịch sử sửa, kiểm chứng phiên bản mới
Linh kiện và chuỗi cung ứng	Hồ sơ lô, nguồn thay thế, kết quả thử sau đổi đầu vào
Danh tính phương tiện	Thông tin đăng ký, chủ thể, cấu hình, cập nhật, truy xuất
Quản lý hoạt động liên thông	Dữ liệu ý định, trạng thái hoạt động, điều phối và ngoại lệ
Liên lạc, định vị, dữ liệu không gian	Đo chất lượng theo nhiệm vụ; cách cập nhật và thông báo giới hạn
Đánh giá sự phù hợp	Phương pháp đo, phòng thử, báo cáo có phạm vi và năng lực phù hợp

Năng lực	Bằng chứng tối thiểu cần hỏi
Con người thực thi	Năng lực theo vai trò; hồ sơ thực hành và xử lý ngoại lệ
Thử nghiệm có kiểm soát	Đường cơ sở, nhật ký, dữ liệu gốc, phân tích dừng/thử lại
Thị trường và mua dịch vụ	Người mua, đầu ra nghiệm thu, hợp đồng, nhu cầu lặp lại
Hệ sinh thái tích lũy	Hợp tác kỹ thuật, chuyển giao tri thức, vốn và sản phẩm sau dự án

BẢNG 22.2. Làm chủ – Kiểm soát – Tiếp cận

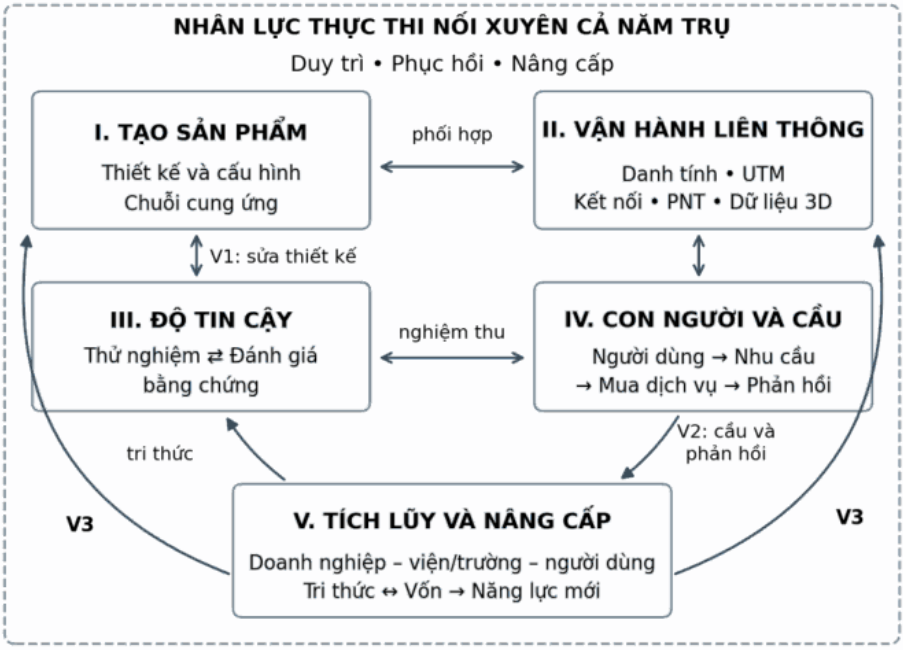
Lựa chọn	Bản chất	Thích hợp khi	Chi phí/rủi ro
Làm chủ	Thiết kế hoặc sửa đổi sâu một năng lực	Khi năng lực đó quyết định khác biệt, khả năng phục hồi hoặc giá trị mới	Chi phí nghiên cứu – phát triển, nhân lực, thử nghiệm, lỗi triển khai
Kiểm soát	Giữ quyền đặt yêu cầu, kiểm chứng, dữ liệu và thay thế	Khi mua ngoài vẫn phải bảo đảm chất lượng và duy trì dịch vụ	Ràng buộc quyền sử dụng, giao diện, dữ liệu, năng lực kiểm thử
Tiếp cận	Thuê/mua sản phẩm hay dịch vụ chuyên biệt	Khi nhu cầu còn hẹp hoặc thị trường đã cung cấp hiệu quả	Phụ thuộc nhà cung cấp, điều kiện hợp đồng, khả năng thay thế

7. Năng lực quốc gia hình thành khi kinh nghiệm được dùng lại ở vòng sau

Hình 22.1 tóm tắt năm miền năng lực: tạo sản phẩm, vận hành liên thông, kiểm chứng độ tin cậy, con người và nhu cầu, tích lũy để nâng cấp. Hình không đưa thêm năm nhiệm vụ ngang hàng mà cho thấy một quyết định ở khâu này sẽ tạo hoặc làm mất năng lực ở khâu khác.

Có ba đường phản hồi đáng giữ. Thứ nhất, kết quả đo kiểm quay lại yêu cầu thiết kế: một sai số hoặc một sự cố được phân tích có thể làm thay đổi vật liệu, cấu hình hoặc hướng dẫn vận hành. Thứ hai, người

sử dụng quay lại dịch vụ: nếu bản đồ không giúp cán bộ quyết định hoặc thời gian nhận hàng không tốt hơn phương pháp nền, nhu cầu sẽ không lặp lại chỉ vì chuyến bay đẹp. Thứ ba, kinh nghiệm và vốn được tích lũy lại thành năng lực: doanh thu, dữ liệu thử và người đã làm được việc tạo nguồn lực cho sản phẩm tiếp theo. Nếu cả ba vòng đều đứt, quốc gia có thể có nhiều dự án hoàn thành mà năng lực thật không tăng bao nhiêu.



Hình 22.1. Mạng năng lực – không phải lộ trình

Nguồn: Sơ đồ tổng hợp của các tác giả; không phải kiến trúc được Nhà nước phê duyệt.

KẾT CHƯƠNG

Năng lực quốc gia không chỉ là tập hợp thiết bị. Đó còn là nơi đào tạo người biết kiểm chứng, khả năng chuyển dữ liệu và bài học từ một nhiệm vụ sang nhiệm vụ khác, và cơ chế để người sử dụng tiếp tục đặt hàng.

Với doanh nghiệp, nên hỏi **hợp đồng này làm mình giỏi thêm điều gì và có thể bán lại năng lực ấy cho khách hàng khác hay**

không. Với địa phương, nên hỏi **khi dự án thử kết thúc, cơ quan nào sử dụng kết quả, dữ liệu nào còn dùng được và kinh phí nào duy trì dịch vụ hữu ích**. Với nhà quản lý, câu hỏi là **những phép đo, điều kiện pháp lý và cơ chế phối hợp nào cho phép các bên học từ nhau mà không làm mờ trách nhiệm**. Với người sử dụng, phép thử vẫn rất giản dị: kết quả đến đúng lúc, đáng tin và hữu ích hơn cách đang làm hay không.

Nếu một ngày nhà cung cấp ngừng bán một bộ phận, phần mềm thay phiên bản hoặc một mô hình kinh doanh không còn người trả tiền, một hệ sinh thái có năng lực không nhất thiết tiếp tục mọi chuyến bay. Nó có thể dừng đúng phần bị ảnh hưởng, giữ dữ liệu, tìm phương án thay thế, thử lại và hoạt động trở lại khi đã đủ căn cứ. Chính khả năng không phải bắt đầu từ con số không sau mỗi thay đổi mới là dấu hiệu của năng lực được tích lũy.

Nhưng mạng năng lực ấy sẽ chịu một phép thử mới khi UAV tự chủ hơn, nhiều phương tiện phối hợp, việc xử lý AI chuyển dần lên phương tiện và các phương thức bay theo mạng phát triển. Những thay đổi đó có thể khiến điểm nghẽn chuyển từ chiếc máy sang khả năng kết nối hệ thống, dữ liệu và phân định trách nhiệm. Chương 23 khảo sát các chuyển dịch ấy – không phải để chọn công nghệ chắc chắn thắng, mà để biết Việt Nam cần giữ những quyền lựa chọn nào khi tương lai diễn ra khác với dự báo.

CHƯƠNG 23. NHỮNG XU HƯỚNG ĐỊNH HÌNH GIAI ĐOẠN TIẾP THEO

Ngày 19/4/2024, một chiếc UAV mang mã Zip 856 rời trung tâm phân phối của Zipline tại vùng Western North của Ghana, chở hai túi dịch truyền tới một cơ sở y tế. Nhìn riêng chuyến giao ấy, khó thấy điều gì khác thường. Nhưng theo công bố của Zipline, đó là lượt giao hàng thương mại bằng UAV thứ một triệu trong lịch sử hoạt động của công ty (Chương 12). Cũng theo hãng, đến mốc này đội phương tiện đã bay tích lũy hơn 70 triệu dặm thương mại (khoảng 113 triệu km) và giao trên 10 triệu sản phẩm tại bốn châu lục; đơn vị đếm là sản phẩm, khác với số liều vắc-xin ở Ghana (Chương 13).[129] Ba con số ấy không thay thế được báo cáo lợi nhuận hay hồ sơ an toàn được đánh giá độc lập. Dù vậy, chúng cho thấy khoảng cách giữa một nguyên mẫu bay thành công và một năng lực dịch vụ được tổ chức để hoạt động hết ngày này sang ngày khác.

Cũng năm 2024, ở Trung Quốc, một quá trình khác diễn ra với EH216-S, phương tiện cất hạ cánh thẳng đứng bằng điện có khả năng chở người của EHang. Cơ quan hàng không Trung Quốc đã cấp chứng nhận kiểu loại cho mẫu phương tiện vào tháng 10/2023; tháng 4/2024, cơ quan quản lý khu vực thông báo cấp chứng nhận sản xuất; đến tháng 3/2025, hai đơn vị khai thác tại Quảng Châu và Hợp Phì được cấp chứng nhận hoạt động theo công bố của doanh nghiệp.[62, 123] Ở đây, câu chuyện không phải hàng triệu lần giao hàng, mà là ba nấc khác nhau: một mẫu thiết kế được xem xét, một hệ thống sản xuất được chấp thuận và một chủ thể được cho phép khai thác trong phạm vi xác định.

Ở Canada, một thay đổi quan trọng lại xuất phát từ cơ chế quản lý, không phải từ bản thân phương tiện. Theo quy định sửa đổi công bố ngày 26/3/2025, từ ngày 4/11/2025, hoạt động bay ngoài tầm nhìn trực quan rủi ro thấp được thực hiện theo điều kiện xác định, không còn phải xin chấp thuận đặc biệt cho từng trường hợp. Đi kèm là yêu cầu riêng

về năng lực người điều khiển, tổ chức khai thác, đặc tính hệ thống và vùng hoạt động.[59] Thay đổi thể chế ấy giúp nhiều phương tiện vốn đủ khả năng kỹ thuật tiếp cận một phương thức vận hành mới. Nhưng chính những điều kiện ấy cho thấy bay ngoài tầm nhìn không phải là tính năng có sẵn khi mua UAV.

Ba trường hợp mở ra ba hướng chuyển dịch: Zipline cho thấy khả năng tích lũy dịch vụ theo mạng; EHang cho thấy phương tiện mới cần nhiều tầng chứng nhận và tổ chức khai thác; Canada cho thấy quyền bay có thể mở rộng từ quy tắc và chứng cứ an toàn, không chỉ từ cải tiến thiết bị.

Với Việt Nam, câu hỏi không chỉ là công nghệ nào đến trước, mà là khi phương tiện tự chủ hơn, hoạt động theo mạng và có thể chở người, giá trị cùng trách nhiệm chuyển đến đâu. Chương này xét những chuyển dịch ấy, rồi dựng ba kịch bản đến năm 2030 để kiểm tra các lựa chọn năng lực của Chương 22. Mục đích không phải dự báo, mà là biết nên theo dõi điều gì.

1. Bay ngoài tầm nhìn không phải bước nhảy về cự ly, mà là thay đổi cách chứng minh an toàn

Khi UAV bay gần, người điều khiển có thể nhìn thấy nó. Khi nó bay ra ngoài tầm nhìn trực quan, cách nhận biết và xử lý nguy cơ cũng phải thay đổi. Vì vậy bay ngoài tầm nhìn không chỉ là kéo dài tuyến bay mà là chuyển một phần công việc từ quan sát trực tiếp sang thiết kế hệ thống, thông tin tình huống, quy trình vận hành và bằng chứng rằng các lớp ấy phù hợp với hoạt động được đề nghị.

Theo hướng dẫn của Bộ Giao thông Vận tải Canada, phạm vi bay ngoài tầm nhìn rủi ro thấp áp dụng từ ngày 4/11/2025 kèm những điều kiện như hoạt động trong vùng trời không kiểm soát, dưới 122 m, tránh khu vực sân bay và theo giới hạn liên quan mật độ dân cư, chủng loại phương tiện.[59] Người thực hiện phải đáp ứng yêu cầu chứng nhận người điều khiển và tổ chức; với chứng chỉ "Level 1 Complex" (cấp 1

– hoạt động phức tạp), hướng dẫn nêu tối thiểu 20 giờ học lý thuyết mặt đất cùng những điều kiện kiểm tra khác.[59]

Trong trường hợp này, bài toán là làm sao cho phép những nhiệm vụ ngoài tầm nhìn có rủi ro thấp diễn ra thường xuyên hơn. Chi phí tuân thủ không biến mất: tổ chức vẫn phải đào tạo, chứng minh năng lực và đáp ứng yêu cầu kỹ thuật. Điều đã kiểm chứng là quy định có hiệu lực và thủ tục mới dùng được, chưa phải số chuyến bay ngoài tầm nhìn thương mại tăng bao nhiêu. Bài học cho Việt Nam không phải sao chép ngưỡng 122 m, mà là xác định nhóm hoạt động nào có thể chuẩn hóa điều kiện, dựa trên bằng chứng rủi ro và năng lực kiểm soát đã chứng minh.

Hoa Kỳ cho thấy một cách làm khác. Ngày 7/8/2025, Cục Hàng không Liên bang (FAA) công bố dự thảo quy tắc để tạo khuôn khổ rộng hơn cho hoạt động bay ngoài tầm nhìn và các dịch vụ hỗ trợ như quản lý hoạt động bay không người lái. Ở thời điểm công bố, đây là **đề xuất quy định**, chưa phải các điều khoản đã có hiệu lực.[48] Song song, FAA xử lý từng phạm vi khai thác cụ thể. Trong hồ sơ công khai về Zipline ở Pea Ridge, Arkansas, giới hạn hoạt động được xem xét nâng từ 20 lượt/ngày (phạm vi năm 2022) lên 100 lượt/ngày (đánh giá lại năm 2023), rồi lên 400 lượt/ngày (hồ sơ đánh giá lại và quyết định ký ngày 24/3/2026).[45]

Trần tăng gấp 20 lần, nhưng không chứng minh Zipline đã thực hiện đủ 400 chuyến mỗi ngày, tăng doanh thu tương ứng hay giảm chi phí. Ý nghĩa chiến lược nằm ở chỗ năng lực phải theo kịp quy mô được phép: kết nối, bảo trì, giám sát, phản hồi cộng đồng và xử lý bất thường.

Canada và Hoa Kỳ đi hai đường khác nhau, nhưng cùng cho thấy **quy mô khai thác phụ thuộc cả khả năng kỹ thuật lẫn khả năng chứng minh, khả năng tổ chức và việc được chấp thuận trong đúng phạm vi**. Doanh nghiệp chỉ nhìn tính năng bay ngoài tầm nhìn của thiết bị sẽ bỏ sót phần việc tốn nguồn lực sau khi mua; địa phương chỉ nhìn

đường bay trên bản đồ sẽ bỏ sót người chịu trách nhiệm về rủi ro và kết quả dịch vụ.

2. UAV tự chủ càng nhiều việc, con người càng phải hiểu rõ giới hạn hệ thống

Tự chủ thường được giới thiệu bằng một hình ảnh dễ thấy: phương tiện cất cánh từ trạm, bay theo lịch rồi trở về mà không cần người cầm bộ điều khiển. Nhưng bớt thao tác trực tiếp không có nghĩa hệ thống tự quyết được mọi việc. Có chức năng tự động theo kịch bản đã lập, có chức năng tự điều chỉnh trong phạm vi đã kiểm chứng, còn những ngoại lệ nhất định vẫn phải chuyển cho con người.

Thay đổi lớn nhất không phải là người vận hành biến mất, mà là **con người không còn can thiệp vào từng thao tác mà vào những thời điểm phải ra quyết định**. Khi dữ liệu định vị suy giảm, thiết bị báo trạng thái gì? Nếu kết quả cảm biến mâu thuẫn, hệ thống sẽ yêu cầu ai xác nhận? Khi người giám sát tiếp quản, họ còn đủ thời gian, thông tin và quyền lựa chọn hay không? Những câu hỏi ấy quan trọng hơn một nhãn thương mại như "tự hành hoàn toàn". Trạm đỗ tự sạc hay tính năng tự quay về chưa chứng minh được dịch vụ xử lý mọi tình huống.

Đi cùng tự chủ là xu hướng chuyển việc xử lý AI đến gần phương tiện hơn. Xử lý ngay trên UAV giúp không phải đợi dữ liệu gửi về, nhưng tốn điện năng và tăng yêu cầu về bộ tính toán, khối lượng, tản nhiệt. Phát hiện vật cản gần đòi hỏi phản ứng tức thời, khác hẳn việc phân loại ảnh để lập báo cáo sau chuyến bay. Vì vậy, chọn xử lý trên UAV, tại trạm mặt đất hay trên đám mây phải bắt đầu từ yêu cầu nhiệm vụ và khả năng kiểm chứng, không phải từ chỗ nào được quảng bá là "AI tiên tiến" hơn.

Trong mạng dịch vụ lớn, phần mềm còn phải được cập nhật, và kết quả kiểm chứng của phiên bản AI cũ chưa đủ để suy ra độ tin cậy của phiên bản mới; năng lực quản lý cấu hình và đánh giá lại (Chương 18, 22) vì thế càng quan trọng khi phương tiện càng tự động. Một bản

cập nhật có thể nhận dạng tốt hơn ở một tập ảnh mà lại tạo lỗi trong điều kiện ánh sáng khác; chỉ phép thử phù hợp, không phải lời tuyên bố mô hình đã "thông minh hơn", mới cho biết nó có ích hay không.

Điều tương tự xảy ra khi đưa nhiều UAV vào cùng một nhiệm vụ. Một màn trình diễn ánh sáng có thể giữ đội hình rất chính xác mà không chứng minh được các phương tiện biết tự phân chia lại nhiệm vụ khi một chiếc rời đội. Làm song song rút ngắn thời gian nếu nhiệm vụ chia được, nhưng thêm chi phí điều phối, giám sát và dự phòng; nếu cả đội cùng dựa vào một nguồn dữ liệu sai, hậu quả có thể lan ra nhiều phần của hệ thống. Bởi vậy, số UAV hay độ phức tạp của đội hình không phải thước đo giá trị kinh tế của việc phối hợp.

Với doanh nghiệp Việt Nam, phép thử trước khi đầu tư một hệ thống tự chủ không phải **là đếm tính năng, mà là hỏi: người mua nhận và kiểm chứng được kết quả nào khi điều kiện không còn giống buổi trình diễn?** Với cơ quan quản lý, bài toán là xác định hệ thống được tự quyết trong phạm vi nào và cần bằng chứng gì, không suy trách nhiệm pháp lý từ một nhãn công nghệ. Với người sử dụng, lợi ích chỉ tồn tại khi sản phẩm dữ liệu hoặc hàng hóa đến đúng cách, chứ không phụ thuộc vào số thao tác được tự động hóa trong chuyến bay.

3. Một mạng giao nhận không lớn lên bằng cách chỉ tăng số chuyến bay

Một mạng giao nhận không phải tổng quãng đường bay. Nó còn cần điểm gửi và nhận, quy trình đơn hàng, lịch phục vụ, liên lạc với người dùng và phương án thay thế khi không thể bay. Mốc một triệu lượt giao của Zipline chỉ có ý nghĩa kinh tế khi được đặt trong toàn bộ chuỗi đó.

Cách tổ chức theo trục chính, tuyến nhánh và chặng cuối có thể phù hợp với một số mạng, nhưng không phải khuôn mẫu bắt buộc. Mạng y tế vùng núi có thể ưu tiên điểm tiếp nhận và thời gian giao mẫu; một cửa hàng đô thị có thể ưu tiên mật độ đơn hàng trong phạm vi ngắn;

một đội kiểm tra điện lực có thể cần điểm cất cánh, dữ liệu và người nghiệm thu chứ không cần giao hàng. Trước khi mua trạm đỗ hoặc tính số UAV cần dùng, bên đặt hàng phải xác định được **mắt xích nào hiện làm mất thời gian, gây rủi ro hoặc khiến kết quả không đến được với người dùng**.

Ở Việt Nam, ngày 21/9/2026, Tổng công ty Bưu điện Việt Nam công bố đưa vào vận hành dịch vụ vận chuyển hàng hóa, nông sản bằng UAV tại xã Mường Ảng, tỉnh Điện Biên, đúng mốc 90 ngày kể từ khi được cấp phép thử nghiệm (Chương 16).[11, 91] Đây là bước triển khai cụ thể trên địa hình đồi núi.[11, 74]

Bài toán tại Mường Ảng là nối vùng sản xuất với điểm tập kết. Nguồn công khai chưa có đường cơ sở thống nhất về thời gian, chi phí và mức sử dụng để tính hoàn vốn, nên điều xác nhận được mới là hoạt động đã được công bố triển khai, chưa phải một mạng thương mại bền vững. Cần theo dõi tiếp dòng hàng lặp lại, khả năng giao nhận, chi phí toàn trình và những điều kiện bay áp dụng. Điện Biên và Zipline khác nhau về thời gian tích lũy, địa bàn và loại dịch vụ, nên không thể chuyển năng suất hay chi phí từ bên này sang bên kia; phép so hữu ích là đo từ lúc phát sinh nhu cầu đến khi người nhận dùng được hàng, kể cả chuyến hủy và phương án thay thế.

Khi số lượng chuyến bay tăng lên, nó còn phải chia sẻ vùng trời với những hoạt động khác. Phối hợp giữa phương tiện có người lái và không người lái vì thế đòi hỏi không chỉ trao đổi dữ liệu mà các bên còn phải hiểu như nhau về tình huống, trạng thái nhiệm vụ, giới hạn và quyết định của chủ thể có thẩm quyền. Quản lý không lưu truyền thống, quản lý hoạt động bay không người lái hay mô hình U-space của châu Âu là những cách tổ chức và kiến trúc có phạm vi khác nhau, không phải ba tên của một phần mềm. Chương 6 đã giải thích các lớp kỹ thuật, Chương 19–21 đã bàn căn cứ pháp lý hiện hành; ở đây, điều đáng quan tâm là **ai hiểu đúng thông báo và ai chịu trách nhiệm khi hai hệ thống không còn ăn khớp**.

Một địa phương vì vậy có thể bắt đầu bằng những năng lực ít hào nhoáng nhưng thiết thực hơn việc mở một hành lang bay: dữ liệu chướng ngại vật đáng tin, đầu mối liên lạc rõ, điểm giao nhận vận hành được và một quy trình báo cáo ngoại lệ. Chúng có giá trị khi gắn với nhu cầu và căn cứ áp dụng, không phải khi được gọi là "hạ tầng giao thông ba chiều".

4. Được phép chở người chưa có nghĩa đã có một thị trường taxi bay

Trường hợp EHang cho thấy một nghịch lý quan trọng của phương tiện mới: **càng muốn đưa một thiết kế ra thị trường, người ta càng phải chứng minh những thứ không nhìn thấy được trong một chuyến bay**. Ba chứng nhận của EH216-S kể ở đầu chương là ba đối tượng đánh giá khác nhau, không thay thế nhau: chứng nhận mẫu thiết kế không thay chứng nhận tổ chức sản xuất, chứng nhận sản xuất không thay năng lực khai thác của đơn vị vận hành.[62, 123]

Nhưng ngay cả khi đã đi qua ba nấc, vẫn còn câu hỏi thị trường. Người mua muốn đi đâu, từ điểm nào đến điểm nào, với thời gian chờ bao lâu? Ai chịu chi phí xây dựng điểm cất hạ cánh, cung cấp điện, vận hành mặt đất, bảo dưỡng và xử lý chuyến bị hủy? Chuyến tham quan ngắn và việc đi lại hằng ngày trong đô thị có chung nhu cầu, giá trị và hạ tầng không? Đó là những phép tính khác nhau. Chứng nhận khai thác của EHang chưa đủ để nói đã có một mạng taxi bay trưởng thành, có khả năng thay thế được ô tô hay trực thăng.

Có một chi tiết càng làm rõ thêm sự phân biệt này. Trong báo cáo gửi cơ quan quản lý chứng khoán Hoa Kỳ năm 2025, EHang công bố hơn 1.700 lượt bay thử vận hành của hai đơn vị sau khi được cấp chứng nhận, đồng thời cho biết hệ thống đặt vé công khai và khai thác thương mại rộng hơn vẫn đang chuẩn bị ở thời điểm báo cáo.[122] **Đó là lượt bay thử trong phạm vi nêu**, không phải số hành khách thương mại, số vé bán hay lãi hoạt động. Việc báo cáo tách riêng các trạng thái này cho

thấy từ chứng nhận đến thị trường còn những phần việc riêng phải làm. Các công bố ấy cũng chưa nêu giá vé, chi phí vòng đời hay mức lãi hoạt động, nên chưa thể nói về hiệu quả kinh tế.

Cơ sở cất, hạ cánh thẳng đứng cũng không tự tạo ra một mạng giao thông. Một điểm đỗ có mặt bằng phù hợp vẫn có thể thiếu nguồn điện, đường tiếp cận mặt đất, năng lực xử lý hành khách, phương án an toàn hoặc kết nối tới điểm đến thực. Nếu nhu cầu chỉ xuất hiện vài ngày, tài sản vốn lớn sẽ nằm chờ phần lớn thời gian; nhưng khi hạ tầng mất nhiều năm chuẩn bị, đầu tư sớm cũng có thể cần thiết. Vì vậy, quyết định không nên xuất phát từ khẩu hiệu "làm ngay" hay "chờ thêm", mà ở nhu cầu đủ rõ, bằng chứng kỹ thuật, phương án sử dụng theo giai đoạn và khả năng đổi công năng nếu giả định sai.

Từ góc nhìn Việt Nam, phương tiện chở người cất hạ cánh thẳng đứng bằng điện trước hết là **phép thử** xem phương tiện, năng lượng, khai thác, quản lý vùng trời và thị trường có cùng chín muồi hay không. Năng lực chế tạo một số thành phần điện–điện tử mở cơ hội vào chuỗi giá trị, nhưng chưa chứng minh khả năng sản xuất một phương tiện chở khách được chứng nhận. Một thành phố muốn chuẩn bị không cần bắt đầu bằng mạng bãi đáp trên giấy, mà bằng việc đánh giá nhu cầu di chuyển thực, những điểm phụ thuộc chưa kiểm chứng và những hạng mục phục vụ được nhiều phương án thay vì một mẫu phương tiện.

5. Công nghệ hội tụ làm dịch chuyển giá trị – và cả những điểm phụ thuộc

Những ví dụ trên đều có một điểm chung: giá trị không nằm yên trong từng thành phần. Một thuật toán tốt có thể làm giảm việc xử lý ảnh nhưng làm tăng yêu cầu quản lý phiên bản. Một phương tiện bay xa hơn có thể mở thêm tuyến, nhưng kiểm soát ngoài tầm nhìn đẩy thêm chi phí sang giám sát và bằng chứng an toàn. Một hệ thống khai thác nhiều phương tiện bớt thao tác lặp lại nhưng phụ thuộc chặt hơn vào liên lạc, dữ liệu và phần mềm điều phối. Đó là bản chất kinh tế của hội

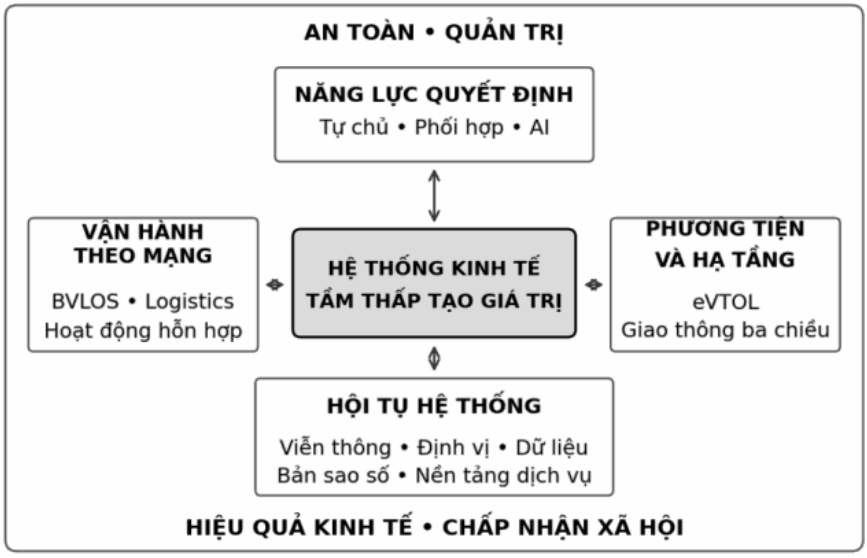
tụ công nghệ: **thứ được tiết kiệm ở một mắt xích có thể trở thành công việc, chi phí hoặc rủi ro ở mắt xích khác**.

Khi kết nối UAV với robot mặt đất, bản đồ số, dữ liệu cảm biến, AI và hệ thống dịch vụ, vấn đề không còn là có bao nhiêu thiết bị. Dữ liệu ở một nơi có được hiểu đúng ở nơi khác không? Một bản sao số có cập nhật được trạng thái thực để hỗ trợ quyết định hay chỉ là mô hình nhìn đẹp? Thông tin về vật thể bay có đúng đối tượng, đúng thời điểm, đúng quyền truy cập không? Đó là những câu hỏi kỹ thuật và quản trị; đưa mọi dữ liệu lên một nền tảng không tự sinh ra kinh tế mới.

Cũng cần nhìn rõ một giới hạn pháp lý: việc thu thập dữ liệu không mặc nhiên cho quyền bán lại dữ liệu; mô tả được một vùng trời trên bản đồ số không có nghĩa được sở hữu hay định giá quyền khai thác nó như tài sản giao dịch. Những cách nói như "tài chính tầm thấp", "sàn giao dịch không phận" hay "dữ liệu 3D sẽ thành vàng" vì vậy không phải là căn cứ để ghi nhận tài sản hoặc thiết kế chính sách.

Hình 23.1 minh họa bốn miền tương tác quanh kết quả kinh tế: năng lực quyết định; vận hành theo mạng; phương tiện và hạ tầng; hội tụ hệ thống. Bên ngoài là hai điều kiện không thể bỏ: an toàn–quản trị và hiệu quả–chấp nhận xã hội. Đọc hình không phải để tìm miền nào quan trọng nhất. Hãy bắt đầu từ một kết quả người dùng cần, rồi lần ngược xem mối quan hệ nào có thể làm kết quả ấy thất bại.

Một hệ thống tích hợp sâu cũng khó thay thế hơn. Khi một nhà cung cấp giữ cả nhật ký, cách mô tả nhiệm vụ, mô hình AI và nền tảng xử lý, bên sử dụng phải biết mình được lấy lại dữ liệu nào, được thay đổi thành phần nào và kiểm chứng sau thay đổi ra sao. Giao diện mở có thể giảm được một số phụ thuộc, nhưng không tự tạo ra an toàn, không loại bỏ chi phí tích hợp và không phải lúc nào cũng tối ưu. Thứ đáng bỏ tiền mua là khả năng làm được việc và khôi phục khi việc bị gián đoạn, không chỉ một danh sách tính năng phần mềm.



Hình 23.1. Từ phương tiện bay đến một hệ thống kinh tế tầm thấp hội tụ

Nguồn: Sơ đồ tổng hợp của các tác giả; không phải dự báo hoặc quy hoạch chính thức.

6. Ba kịch bản cho Việt Nam đến năm 2030

Dự báo một con số cho năm 2030 là việc dễ sai. Hữu ích hơn là hình dung vài con đường có thể xảy ra, rồi xác định những chỉ báo cho biết thực tế đang phát triển theo kịch bản nào. Ba kịch bản dưới đây dựng trên hai biến số mà các chương trước cho thấy là quyết định: nhu cầu dịch vụ có lặp lại đủ dày hay không, và hạ tầng bảo chứng gồm đăng ký, cấp phép, dữ liệu vùng trời có thẩm quyền, năng lực thử nghiệm (Chương 22), cùng cơ chế trách nhiệm, có đi cùng nhịp với nhu cầu hay không. Mốc để so là các mục tiêu Kết luận 99-KL/TW đặt cho năm 2030: ba khu thử nghiệm bay cấp quốc gia, tối thiểu một trung tâm nghiên cứu, thử nghiệm quốc gia về UAV, và tỷ lệ nội địa hóa các dòng UAV chủ lực phục vụ sản xuất đạt trên 30–40%.[2]

Kịch bản thứ nhất: dịch vụ đi trước, thể chế theo kịp. Đội bay nông nghiệp tiếp tục lớn lên bằng nguồn thu của chính nó (Chương 17). Các ngành điện, cầu đường, thủy lợi chuyển dần từ thuê từng chuyến sang hợp đồng theo kết quả. Vài tuyến giao nhận, như tuyến chở thuốc

ở tỉnh trung du (Chương 16), sau một hai mùa khai thác có dòng hàng lặp lại. Nhà nước đáp lại bằng những phạm vi hoạt động có điều kiện cho nhóm rủi ro thấp, như cách Canada mở bay ngoài tầm nhìn, và bằng dữ liệu vùng trời có thẩm quyền cập nhật thường xuyên. Khu thử nghiệm quốc gia được dùng thật, vì doanh nghiệp cần nơi chứng minh sản phẩm trước khi bán. Nội địa hóa tăng trước hết ở cấu phần, phần mềm và tích hợp, nơi doanh nghiệp Việt Nam đã có chỗ đứng. Phân tích ở các chương trước nghiêng về kịch bản này, vì nó tích lũy năng lực từ những gì đang hoạt động.

Kịch bản thứ hai: hạ tầng đi trước nhu cầu. Đầu tư công dồn vào trung tâm điều hành, khu thử nghiệm, bãi cất hạ cánh và nhà máy trước khi có mật độ hoạt động đủ dày. Đến năm 2030, số khu thử nghiệm có thể đạt mục tiêu đặt ra, nhưng tỷ lệ sử dụng thấp; nền tảng điều phối có ít chuyến bay để điều phối; nhà máy chạy dưới công suất. Bài học U-space ở Chương 3 lặp lại: bản vẽ xong mà chưa ai trả tiền vận hành. Kịch bản này không xấu vì có đầu tư, mà vì thứ tự: tài sản cố định được dựng lên trước khi có người dùng trả chi phí duy trì.

Kịch bản thứ ba: chững lại sau một cú sốc. Một sự cố nghiêm trọng ở khu đông dân, hoặc một vụ như máy của đội Tuấn va đường dây trung thế (Chương 21) với tranh chấp bồi thường kéo dài vì chưa có chế độ trách nhiệm với người thứ ba ở mặt đất cho UAV, có thể khiến việc cấp phép bị siết lại và cộng đồng quay lưng. Thời gian xin phép dài ra, bay không phép tăng lên, và thị trường chính thức co lại đúng lúc cần lớn. Zurich năm 2019 (Chương 7) cho thấy kịch bản này không buộc phải dẫn tới dừng hẳn: dịch vụ có đủ dữ liệu để điều tra và có người đủ thẩm quyền chấp nhận phần rủi ro còn lại vẫn bay lại được.

Ba kịch bản không loại trừ nhau. Một tỉnh có thể đi theo kịch bản thứ nhất trong nông nghiệp và kịch bản thứ hai trong vận tải hành khách cùng một lúc. Bảng 23.1 nêu những dấu hiệu sớm để nhận ra hoạt động thực tế đang gần với kịch bản nào, và việc nên làm khi thấy dấu hiệu ấy.

BẢNG 23.1. Ba kịch bản đến năm 2030 và dấu hiệu nhận biết sớm

Kịch bản	Dấu hiệu sớm	Việc nên làm
Dịch vụ đi trước, thể chế theo kịp	Hợp đồng theo kết quả tăng; thời gian cấp phép cho hoạt động lặp lại rút ngắn; khu thử nghiệm kín lịch	Chuẩn hóa đầu ra và dữ liệu; mở rộng phạm vi có điều kiện cho nhóm rủi ro thấp
Hạ tầng đi trước nhu cầu	Khu thử nghiệm, trung tâm điều hành ít được dùng; dự án mới chủ yếu là công trình	Gắn mỗi hạng mục với người dùng và nguồn trả chi phí vận hành; đầu tư theo giai đoạn
Chững lại sau một cú sốc	Sự cố không được điều tra công khai; tranh chấp bồi thường kéo dài; bay không phép tăng	Hoàn thiện chế độ trách nhiệm với người thứ ba; cơ chế báo cáo sự cố; kênh phản ánh của cộng đồng

Nguồn: khung phân tích của các tác giả; không phải dự báo.

Giá trị của ba kịch bản nằm ở chỗ chúng giúp chuyển từ dự đoán chung về tương lai sang theo dõi những chỉ số cho biết xu hướng nào đang hình thành. Năng lực nào có ích trong cả ba kịch bản thì nên làm ngay; năng lực nào chỉ có ích nếu kịch bản mình mong muốn xảy ra thì nên làm theo từng giai đoạn, kèm điểm dừng.

7. Việt Nam giữ được quyền lựa chọn khi quyết định có thể kiểm chứng và thay đổi

Ngày 6/5/2026, Quyết định số 808/QĐ-TTg giao các nhiệm vụ phát triển công nghệ chiến lược giai đoạn 2026–2030, trong đó có nhiệm vụ phát triển UAV và hệ thống chống UAV bảo đảm an ninh, trật tự, kể cả các biến thể lưỡng dụng, và nhiệm vụ nghiên cứu, xây dựng hệ thống quản lý thiết bị bay không người lái quốc gia (UTM) phục vụ quản lý vùng trời và phát triển kinh tế tầm thấp.[5] Quyết định số 21/2026/QĐ-TTg, có hiệu lực từ ngày 1/7/2026, tiếp tục xếp UAV cùng hệ thống quản lý, phát hiện, giám sát và chế áp UAV vào danh mục sản phẩm công nghệ chiến lược. Hai văn bản ấy cho thấy một định hướng đầu tư công nghệ ở cấp quốc gia. Ngày 28/9/2026, Kết luận 99-

KL/TW của Bộ Chính trị xác định không gian tầm thấp là tài nguyên quốc gia, không gian phát triển mới của đất nước, không gian chủ quyền đặc biệt.[2] Nhưng định hướng và nhiệm vụ được giao không đồng nghĩa công nghệ đã được làm chủ, càng chưa phải một thị trường dịch vụ dân sự đủ lớn đã hình thành. Để đi từ định hướng sang năng lực, những câu hỏi của Chương 22 vẫn phải được trả lời bằng thiết kế, sản phẩm, dữ liệu thử, con người và người sử dụng kết quả.

Trước sáu chuyển dịch và ba kịch bản đã bàn, Việt Nam không cần lựa chọn một công nghệ chiến thắng duy nhất. Có những quyết định có thể làm ngay vì chúng giúp nhiều kịch bản: chuẩn hóa cách mô tả kết quả cần nhận; bảo đảm hồ sơ cấu hình, nhật ký và dữ liệu có thể truy xuất; hình thành khả năng thử và đánh giá lại một phiên bản; đào tạo người hiểu nhiệm vụ, ngoại lệ và trách nhiệm; xây cơ chế nối bên cần dịch vụ với bên cung cấp kết quả. Chúng không thay quyết định của nhà đầu tư hay cơ quan có thẩm quyền, nhưng làm cho mỗi bước đầu tư tiếp theo dễ được kiểm tra hơn.

Ở chiều ngược lại, có những cam kết nên được đặt dưới điều kiện rõ hơn: xây cơ sở chuyên dụng cho một loại phương tiện chưa có cầu; mua trọn nền tảng khi quyền chuyển dữ liệu chưa rõ; quy hoạch tuyến thường xuyên trước khi biết những nghĩa vụ điều phối và bảo đảm an toàn; đặt mục tiêu nhiều UAV bay cùng lúc khi chưa chứng minh lợi ích của phối hợp. Trì hoãn có cái giá của nó, vì học và nắm cơ hội đều cần thời gian; nhưng cam kết sớm với một cấu hình khó sửa cũng phải trả giá. **Giữ quyền lựa chọn** là biết mình phải trả bao nhiêu để còn đổi được phương án, và bằng chứng nào cho thấy khoản ấy đáng bỏ ra. Canada, EHang, Zipline và Điện Biên đều cho thấy cùng một điều: câu hỏi không phải công nghệ nào thắng, mà là chứng cứ nào đủ để ra quyết định tiếp theo.[59, 62, 91, 123, 129]

Các lựa chọn tiếp theo có thể được cân nhắc bằng một bảng ngắn, thay vì một danh mục dự báo dài. Bảng 23.2 không xếp hạng công nghệ và không khẳng định thời điểm thương mại hóa. Với mỗi chuyển dịch,

bảng buộc phải trả lời hai câu hỏi: điều kiện nào cần kiểm chứng, và câu hỏi nào phải có lời đáp trước khi đầu tư.

BẢNG 23.2. Sáu chuyển dịch, sáu phép kiểm tra trước khi cam kết

Chuyển dịch	Điều kiện cần kiểm chứng	Câu hỏi trước đầu tư
Bay ngoài tầm nhìn có điều kiện	Ranh giới an toàn và năng lực tổ chức	Có dữ liệu phù hợp cho nhóm rủi ro nào?
Tự chủ và AI	Quyền giám sát, nhật ký, kiểm thử khi cập nhật	Ai can thiệp được khi dữ liệu suy giảm?
Nhiều UAV phối hợp	Giá trị làm song song so với chi phí và lỗi chung	Nếu một nguồn dữ liệu chung sai, điều gì xảy ra?
Logistics theo mạng	Nhu cầu lặp lại và giao nhận trọn chuỗi	Khi chuyến bay bị hủy, hàng tới người nhận cách nào?
Phương tiện chở người và hạ tầng ba chiều	Chứng nhận, tỷ lệ khai thác, điểm đến, tiếp cận mặt đất	Nhu cầu nào đủ trả cho cả tuyến và hạ tầng?
Hội tụ dữ liệu–nền tảng	Quyền dữ liệu, chuyển đổi cấu hình, kiểm chứng	Có thể đổi nhà cung cấp mà vẫn dùng kết quả hợp lệ?

Nguồn: Khung phân tích của các tác giả; không phải thứ tự ưu tiên đầu tư hay dự báo.

Không bộ tiêu chí nào loại bỏ được bất định, nên mỗi phép thử phải chỉ rõ điều sẽ đo và điều chưa thể kết luận. Thành quả của doanh nghiệp là khả năng giao kết quả lần sau với chi phí và trách nhiệm rõ hơn; của địa phương là dữ liệu đủ để quyết định tiếp tục, thu hẹp hay ngừng hỗ trợ; của cơ quan quản lý là mở được hoạt động có điều kiện mà không để lại khoảng trống trách nhiệm.

KẾT CHƯƠNG

Hãy trở lại hai túi dịch truyền trên chuyến Zip 856. Giá trị của chuyến bay không xuất hiện vào lúc phương tiện vượt một mốc tốc độ hoặc thuật toán hoàn thành một phép tính. Nó xuất hiện khi hàng đến đúng nơi, trong điều kiện có thể sử dụng, với một tổ chức đứng sau có khả năng giải thích những gì đã diễn ra. Những con số tích lũy sau đó có ý nghĩa vì gắn với một công việc người nhận cần thực hiện; nhưng

không vì thế mà bớt cần kiểm tra chi phí, giới hạn và rủi ro của những lần hoạt động tiếp theo.

Công nghệ có thể đem lại những khả năng mà hôm nay người đọc chưa hình dung hết. Cũng có những hướng được quảng bá mạnh rồi không hình thành thị trường như kỳ vọng. Điều quan trọng không phải là đoán trúng phương tiện nào sẽ thắng, mà là biết dùng bằng chứng để lựa chọn, giữ một hệ thống vận hành được khi có bất thường và đủ can đảm sửa phương án khi kết quả không như giả định ban đầu. Khi chiếc UAV hạ cánh, một phần lớn công việc kinh tế vẫn còn ở mặt đất: ai nhận kết quả, ai dùng nó để quyết định và ai chịu trách nhiệm cho điều xảy ra tiếp theo. Chính ở đó, khả năng bay mới có cơ hội trở thành giá trị.

KẾT LUẬN
TỪ CHUYẾN BAY ĐẾN GIÁ TRỊ KINH TẾ

Ở những trang đầu cuốn sách, hai chiếc UAV cùng cất cánh trong một buổi sáng tháng Tư. Một chiếc bay trước ống kính của buổi lễ, hoàn thành đường bay rồi được đưa về kho. Chiếc còn lại làm việc trên cánh đồng, nơi một người thanh niên phải tính từng hecta phun, từng lần thay pin, từng khoản chi phí và số tiền còn lại sau một vụ. Cả hai đều cho thấy con người đã đưa được một phương tiện không người lái lên bầu trời để làm việc. Nhưng chỉ một chiếc cho thấy những quan hệ kinh tế đang hình thành phía sau chuyến bay.

Sự khác biệt ấy là điểm khởi đầu của cuốn sách. Đi qua các câu chuyện công nghệ, dữ liệu, hạ tầng, thị trường, doanh nghiệp, pháp luật và chính sách, chúng ta nhìn rõ hơn điều từng bị hình ảnh chiếc UAV che khuất: **khả năng bay chỉ trở thành năng lực kinh tế khi được nối với một nhu cầu thực, một kết quả có người sử dụng, một cơ chế chi trả và những điều kiện để hoạt động lặp lại một cách đáng tin cậy.**

Nếu gói những trang đã qua vào một ý, thì đó là: kinh tế không gian tầm thấp là nền kinh tế dựa trên độ tin cậy, được tổ chức trong một không gian dùng chung. Chiếc máy ngày càng dễ mua; thứ khó tạo ra là một kết quả mà người khác dám dùng, dám trả tiền và dám ký tên. Bốn cơ chế nêu ở Chương 1 đã lần lượt hiện ra qua các chương: mật độ, khi chi phí của một kết quả do số lần lặp lại quyết định; bảo chứng, khi giá trị dồn về khâu biến đầu ra thành bằng chứng có người chịu trách nhiệm; phân bổ rủi ro, khi hợp đồng và chính sách chỉ chuyển rủi ro chứ không xóa được nó; và lệch vai, khi những giá trị xã hội lớn cần một người trả tiền khác với người hưởng lợi.

Đó cũng là lý do kinh tế không gian tầm thấp phải được nhìn như một hệ thống: phương tiện tốt giúp hoàn thành nhiệm vụ, dữ liệu đủ tin giúp người sử dụng đưa ra quyết định, tổ chức vận hành tốt biến khả năng riêng lẻ thành dịch vụ, còn hạ tầng và quy tắc chung cho phép nhiều dịch vụ cùng tồn tại. Mỗi mắt xích có thể tạo ra giá trị, nhưng giá trị của toàn hệ thống nằm ở chỗ các mắt xích ấy có thật sự nối được với nhau hay không.

Cách nhìn đó đòi hỏi thay đổi cả thước đo phát triển. Số UAV được mua, số chuyến bay đã thực hiện, số dự án được công bố hay số khu thử nghiệm được thành lập đều có ý nghĩa nhất định, nhưng chưa cho biết một phương thức mới đã làm tốt hơn cách đang dùng ở đâu, với chi phí nào và trong những điều kiện gì. Muốn đánh giá giá trị kinh tế, cần đi tiếp tới kết quả được chấp nhận, mức độ sử dụng thực tế, tổng chi phí trong vòng đời, khả năng duy trì dịch vụ và lợi ích mà người sử dụng nhận được. Với các dịch vụ công, phép đo còn phải xem xét lợi ích xã hội, sự phân bổ chi phí và những tác động tới cả những người không trực tiếp tham gia giao dịch.

Đối với doanh nghiệp, thay đổi quan trọng nhất là chuyển từ câu hỏi bán được gì sang câu hỏi chịu trách nhiệm được về kết quả nào. Doanh nghiệp không nhất thiết phải làm ra toàn bộ phương tiện hay sở hữu mọi năng lực phía sau dịch vụ, nhưng ở vị trí đã chọn phải biết mình kiểm soát được điều gì, phụ thuộc vào ai, chi phí tăng ở đâu khi quy mô mở rộng và khách hàng có lý do gì để tiếp tục trả tiền. Một hợp đồng đầu tiên có thể tạo cơ hội gia nhập thị trường; năng lực giao kết quả ổn định qua nhiều hợp đồng mới quyết định doanh nghiệp có thể đứng vững hay không.

Đối với địa phương, điểm bắt đầu cũng không nhất thiết là một chương trình đầu tư lớn. Một bài toán đủ rõ, có người đặt hàng, có phương pháp đang dùng để so sánh và có kết quả cần kiểm chứng thường là chỗ hợp lý hơn để bắt đầu. Thử nghiệm có giá trị khi nó giúp người ra quyết định biết nên tiếp tục, thay đổi hay dừng lại. Nếu một dự

án kết thúc mà không để lại dữ liệu có thể sử dụng được, người đủ năng lực làm việc hay một dịch vụ duy trì được, thì chạy đúng kế hoạch vẫn chưa phải là thành quả phát triển.

Đối với Nhà nước, nhiệm vụ khó hơn là đưa được những năng lực mới vào sử dụng mà vẫn giữ được an toàn, an ninh, quyền và lợi ích hợp pháp của các bên liên quan. Vùng trời là không gian được nhiều chủ thể sử dụng, còn hậu quả của một hoạt động bay có thể tác động tới những người không hề tham gia hợp đồng. Bởi vậy, quy định rõ ràng, thẩm quyền minh bạch, khả năng giám sát và trách nhiệm giải trình vừa là những yêu cầu quản lý, vừa là điều kiện để thị trường phát triển.

Ở cấp quốc gia, cơ hội của Việt Nam không nên được đo đơn thuần bằng khả năng sở hữu bao nhiêu công nghệ hay sản xuất bao nhiêu loại phương tiện, mà bằng khả năng làm chủ những khâu có ý nghĩa quyết định, kiểm soát các phụ thuộc quan trọng, tiếp cận những năng lực chưa cần tự xây dựng và kết nối tất cả thành các hoạt động có ích. Năng lực ấy phải được tích lũy qua những vòng học thực sự: kết quả thử nghiệm được đưa trở lại thiết kế, kinh nghiệm vận hành vào đào tạo, yêu cầu của người sử dụng vào dịch vụ và tín hiệu thị trường vào quyết định đầu tư. Việt Nam cũng không bắt đầu từ con số không: một đội UAV nông nghiệp lớn lên bằng tiền của nông dân, những doanh nghiệp bán cấu phần ra thế giới và những thử nghiệm có kiểm soát là vốn cần tổ chức thành năng lực trước, rồi mới xây những gì chưa có người dùng (Chương 22).

Tương lai sẽ còn đưa tới những phương tiện, phương thức vận hành và khả năng tự động hóa mới; có hướng thành thị trường, có hướng chỉ hợp phạm vi hẹp, có hướng không đạt kỳ vọng. Vì thế, điều quan trọng với Việt Nam là năng lực lựa chọn và điều chỉnh: đủ hiểu công nghệ để khai thác, đủ bằng chứng để đánh giá, đủ khả năng phối hợp để vận hành và đủ tỉnh táo để thay đổi khi thực tế không như dự kiến.

Có một lựa chọn cần được nhìn nhận đúng giá trị: **không phải nhiệm vụ nào làm được bằng UAV cũng nên đưa lên không trung**.

Khi cách làm trên mặt đất an toàn hơn, hiệu quả hơn hoặc ít tác động bất lợi hơn, giữ nguyên hay cải tiến nó là hoàn toàn hợp lý. Kinh tế tầm thấp phát triển lành mạnh khi khả năng sử dụng không gian mới làm tăng số phương án tốt mà xã hội có thể lựa chọn, chứ không buộc mọi nhu cầu phải tìm tới một chuyến bay.

Trở lại người thanh niên ở cánh đồng đầu sách. Thành quả của anh sau một vụ không chỉ là số hecta đã bay qua. Đó còn là những công việc được hoàn thành đúng yêu cầu, những khách hàng có lý do để thuê tiếp, một khoản thu đủ bù đắp chi phí và công sức, cùng khả năng duy trì dịch vụ khi thiết bị hỏng hay điều kiện thay đổi. Phía sau anh là cả một mạng lưới con người, doanh nghiệp, dữ liệu, hạ tầng và quy tắc mà không một ai trong đó có thể tự mình làm thay cả mạng lưới.

Khai thác, quản trị và bảo vệ – ba từ mà Kết luận 99-KL/TW đặt cho không gian tầm thấp – không phải ba nhiệm vụ tách rời. Khai thác mà không quản trị sẽ biến bầu trời dùng chung thành nơi rủi ro không ai chịu trách nhiệm. Quản trị mà không mở đường cho khai thác sẽ giữ một tài nguyên quốc gia ở trạng thái chưa tạo ra giá trị. Và cả hai chỉ có thể phát triển bền vững khi những gì cần bảo vệ, như an toàn, chủ quyền, dữ liệu, quyền của người dân, được thiết kế từ đầu, chứ không phải bổ sung sau sự cố.

Một không gian kinh tế mới không hình thành chỉ vì ngày càng có nhiều phương tiện trên bầu trời. Nó hình thành khi con người biết tổ chức những khả năng ấy thành công việc có ích, những quan hệ kinh tế duy trì được và những lợi ích không đánh đổi sự an toàn cùng trách nhiệm với cộng đồng. Sau cùng, giá trị của kinh tế không gian tầm thấp phải được chứng minh từ mặt đất: bằng công việc được giải quyết tốt hơn, nguồn lực được dùng hiệu quả hơn, năng lực được tích lũy và cuộc sống của con người được cải thiện.

Đó mới là đích đến của hành trình từ một chuyến bay tới một không gian kinh tế mới.

PHỤ LỤC 1. BỘ CÔNG CỤ

Năm công cụ dưới đây chuyển những câu hỏi, bảng và phép kiểm tra đã phân tích trong các chương thành phiếu để dùng trực tiếp. Mỗi mục ghi chương nguồn, để người dùng quay lại đọc lý do khi cần. Có thể sao chụp các trang này để điền.

Các công cụ không thay thế văn bản pháp luật hiện hành, hướng dẫn của nhà sản xuất hay ý kiến của cơ quan có thẩm quyền. Căn cứ pháp lý được ghi đúng như trong sách; trước khi dùng cho một hồ sơ thật, cần đối chiếu văn bản tại thời điểm thực hiện (xem trang trực tuyến đi kèm ở mục Cách đọc cuốn sách).

CÔNG CỤ 1. MẪU ĐỀ CƯƠNG THỬ NGHIỆM

Doanh nghiệp điền mẫu này cùng người đặt hàng trước khi hoàn thiện hồ sơ thử nghiệm. Ô chưa điền được là việc còn phải làm. Mọi mục đều nhằm trả lời một câu hỏi: thử nghiệm để phục vụ quyết định nào sau cùng (Ch15)?

1. Thẻ bài toán (Ch8, mục 1)

Ô	Câu hỏi gợi ý	Thông tin điền
Phương pháp nền	Hiện làm thế nào, tốn bao nhiêu?	
Kết quả được chấp nhận	Cần nhận gì, thế nào là đạt, ở tư cách đầu ra nào (Ch5)?	
Người dùng	Ai cầm kết quả để làm việc?	
Người hưởng lợi	Ai được lợi khi việc làm tốt?	
Người trả tiền	Ai chi tiền khi hết giai đoạn thử?	
Người chịu tác động	Ai không thuê nhưng gánh hệ quả?	
Loại công việc	Quan sát hay can thiệp (Ch8, mục 1)?	

2. Phạm vi, tuyến, thời hạn (Ch16, mục 3)

Mục	Điền	Lưu ý
Giai đoạn		Theo Bảng 15.1
Tuyến, điểm thử		Mỗi điểm chứng minh gì, chưa chứng minh gì

Mục	Điền	Lưu ý
Mùa, điều kiện		Có cả ngày bất lợi được phép bay (Hộp 15.2)
Cấu hình máy, phần mềm		Mở sổ ghi thay đổi (Ch18, mục 3)
Ngày bắt đầu, thời hạn		Phép bay, thiết bị sẵn sàng trong 90 ngày
Quyền dừng		Ai ra lệnh, dừng cách nào, trạng thái an toàn

3. Căn cứ pháp lý

Chỉ ghi điều sách đã nêu; đối chiếu văn bản gốc trước khi nộp.

Văn bản	Sách nêu	Nguồn
Luật 93/2025/QH15, Điều 21	Tối đa 3 năm, gia hạn 1 lần; phải tổng kết	Hộp 15.1
Luật 93/2025/QH15, Điều 22	Miễn trách nhiệm có điều kiện; không miễn thiệt hại cho bên khác	Hộp 15.1
NĐ 353/2025/NĐ-CP, Điều 16, 24	Ủy ban nhân dân (UBND) tỉnh xem xét cấp phép; hồ sơ có kế hoạch, phương án an toàn	Ch16, mục 2, 3
NĐ 353, Điều 19, 20	Tạm dừng: 30 ngày khắc phục; 90 ngày không triển khai: có thể kết thúc	Ch16, mục 3, 4
NĐ 353, Điều 34, khoản 1	Báo cáo định kỳ sáu tháng, khi kết thúc và đột xuất	Ch18, mục 4
NĐ 288/2025/NĐ-CP; TT 146/2025/TT-BQP	Phép bay do Bộ Quốc phòng cấp theo phân cấp	Ch16, mục 2

4. Chỉ số đo và đường cơ sở (Ch18, mục 2, Bảng 18.1)

Câu lọc: nếu con số này thay đổi, quyết định nào sẽ thay đổi?

Nhóm chỉ số	Đường cơ sở	Ai ghi, giữ, kiểm	Quyết định dùng
Thời gian từ yêu cầu đến nhận; tần suất			Đặt hàng tiếp không
Chi phí mỗi kết quả đạt, kể cả bay lại			Đơn giá
Đầu ra bị loại, phải kiểm lại			Mở thêm loại đầu ra
Sự cố, suýt sự cố, chuyến hủy, can thiệp			Tiếp tục, tạm dừng, mở rộng
Phản ánh của người dân dọc tuyến			Giữ hay đổi tuyến, giờ bay

☐ Đo cách làm cũ trước khi bay, cùng điểm đầu, điểm cuối, cùng mẫu số (Ch18, mục 2).

☐ Ghi mọi chuyến, kể cả hủy, chờ phép, bay lại; người tạo con số, người giữ dữ liệu, người đánh giá tách nhau (Ch15; Ch18, mục 3).

5. Ngưỡng dừng, ngưỡng chuyển giai đoạn

Viết ngưỡng trước khi có kết quả; viết sau, con số sẽ được đọc theo hướng có lợi cho việc tiếp tục (Ch16, mục 4).

Ngưỡng	Điền	Gợi ý từ sách
Tạm dừng		Phản ánh có cơ sở về tiếng ồn, rơi vãi, riêng tư (Ch16, mục 4)
Số lần thử tối thiểu (quy tắc ba)		Không sự cố trong n lần: với độ tin cậy 95%, tỷ lệ thật vẫn có thể tới khoảng 3/n (Ch15, mục 3)
Chuyển giai đoạn		Đủ dữ liệu đánh giá và chấp thuận chuyên ngành (Ch16, mục 4)

Trước khi chuyển thí điểm thành dịch vụ thường xuyên dùng ngân sách, kiểm thêm: phạm vi bằng chứng khớp với phạm vi sẽ mua; một bên độc lập đã xác nhận kết quả; có phương án khi nhà cung cấp không đạt mức dịch vụ hoặc rút lui (Ch15, mục 4).

6. Năm lối ra (Ch18, mục 4, Hình 18.1; Ch15, mục 5)

Lối ra	Khi nào	Điều kiện của phép thử này
Dừng	Bằng chứng bất lợi đã rõ; rủi ro an toàn không chấp nhận được	
Thiết kế lại	Bài toán đáng giải, cách làm chưa đúng	
Thử thêm	Bằng chứng mỏng; chỉ rõ thiếu gì	
Tiếp tục trong phạm vi đã chứng minh	Đủ cho tuyến, mùa đã thử; chưa đủ mở rộng	
Chuyển giai đoạn	Đủ để xem xét bước tiếp	

7. Phân vai và báo cáo (Ch16, Ch18)

Vai	Việc chính	Tên, đầu mối
Người đặt hàng	Xác định nhu cầu; nghiệm thu nghiệp vụ	
Tổ chức thử nghiệm	Hồ sơ, vận hành, nhật ký, báo cáo	
Cơ quan cấp phép thử nghiệm	Quyết định, giám sát, tạm dừng	

Vai	Việc chính	Tên, đầu mối
Cơ quan quân sự, công an, chính quyền cơ sở	Phép bay; an ninh, trật tự; ghi phản ánh	
Nhóm đánh giá	Có chuyên gia độc lập; kinh phí riêng	

☐ Báo cáo nhanh khi có sự cố; định kỳ, khi kết thúc và đột xuất theo Điều 34 Nghị định 353 (Ch18). Kết luận ghi rõ điều kiện đã thử và điều chưa chứng minh (Ch15).

CÔNG CỤ 2. BẢNG TÍNH TỔNG CHI PHÍ SỞ HỮU VÀ HIỆU QUẢ

Bảng tính hiệu quả chỉ có ích khi cho biết con số nào đủ sức đảo ngược kết luận (Ch14). Cột "Ví dụ" dùng giả định phun thuê của Chương 2 và Chương 14. Ô nào chưa có căn cứ, ghi "chưa biết" thay vì ước đoán.

A. Chi phí, kết quả được nghiệm thu và điểm hòa vốn

"Phương án mới" là mua máy, thuê máy hay thuê dịch vụ bay; "phương pháp nền" là cách đang làm. Điền dòng 1–9 rồi so hai số ở dòng 9. Tách khoản cố định khỏi khoản thay đổi: số kết quả để chia khoản cố định ảnh hưởng tới chi phí đơn vị nhiều hơn giá máy (Ch14, mục 1).

Khoản (chương nguồn)	Ví dụ phun thuê	Phương án mới	Phương pháp nền
1. Đầu tư ban đầu: máy, pin, trạm (Ch14, mục 1)	250 triệu đồng		
2. Khấu hao mỗi năm, trừ giá trị còn lại (Ch14, mục 1–2)	Khoảng 83 triệu đồng (ba năm)		
3. Cố định khác: người bay, bảo hiểm, bảo dưỡng, phần mềm, hồ sơ phép bay (Ch14)	Gộp vào dòng 4		
4. Chi phí thay đổi mỗi đơn vị (Ch2, Bảng 2.1)	Khoảng 70.000 đ/ha		
5. Chi phí kết thúc: thanh lý, bàn giao dữ liệu (Ch13, Hộp 13.1)	Chưa tính		
6. Đơn vị kết quả được nghiệm thu (Ch14, mục 1)	Hecta phun đạt yêu cầu		
7. Số đơn vị được nghiệm thu mỗi năm (Ch14, Bảng 14.1)	1.500 ha		
8. Tỷ lệ hủy, bay lại, làm lại (Ch14, Bảng 14.1)	Chưa tính		

Khoản (chương nguồn)	Ví dụ phun thuê	Phương án mới	Phương pháp nền
9. Chi phí trên một kết quả được nghiệm thu, kể cả hủy và bay lại (Ch14, mục 1)	Khoảng 125.000 đ/ha, chưa gồm công người bay		
10. Giá thu mỗi đơn vị (Ch2; Ch13, mục 3)	150.000 đ/ha		
11. Biên đóng góp: dòng 10 trừ dòng 4 (Hộp 14.2)	80.000 đ/ha		
12. Hòa vốn: dòng 2 cộng dòng 3, chia dòng 11 (Hộp 14.2)	Khoảng 1.040 ha		
13. Năm hoàn vốn; tháng thiếu tiền nhất (Ch14, mục 3)	Chưa tính		

Ví dụ là giả định minh họa của sách (Ch2, Bảng 2.1; Ch14, Hộp 14.2); dòng 9 tính từ dòng 2, 4 và 7.

B. Giá trị theo bốn vai: ai hưởng lợi, ai trả tiền

Bốn vai thường không trùng nhau (Ch1, Hộp 1.2; Ch8). Tiết kiệm của khách hàng chỉ thành doanh thu ở phần hợp đồng cho phép tính vào giá; trợ cấp chỉ đổi nguồn tài trợ, không làm mất chi phí (Ch14, Hộp 14.1).

Vai	Ví dụ: khu đồng phía bắc (Ch8)	Nhận gì, gánh gì	Đã thành tiền trong hợp đồng?
Người dùng	Kỹ thuật viên hợp tác xã		
Người hưởng lợi	Các xã viên		
Người trả tiền	Hợp tác xã, hoặc từng hộ		
Người chịu tác động	Người tiếp thuốc, nhà ven mương, thửa ruộng bên cạnh		

Cơ quan công ghi thêm khoản chi thực sự giảm so với phương pháp nền và giá trị kinh tế – xã hội có căn cứ, nhưng không dùng giá trị công để che dòng tiền âm của nhà cung cấp (Ch14, mục 4).

C. Độ nhạy: biến nào lật ngược kết luận

Ghi giá trị gốc, rồi tìm mức làm kết luận đổi chiều (Ch14, mục 3). Mức ấy càng sát giá trị gốc, biến càng phải đo qua vận hành thật (Ch15).

Biến (Ch14, Bảng 14.1)	Ví dụ trong sách	Giá trị gốc	Mức đảo kết luận
Số kết quả mỗi năm	Vạn Sơn: 600 → 1.000 chuyến, 29 → 21 NDT/kiện (Ch14, mục 1)		
Giá và biên đóng góp	Phun thuê: 150.000 → 130.000 đ/ha, tiền công 37 → 7 triệu (Ch14, Hộp 14.2)		
Tỷ lệ bay lại, làm lại	Kiểm tra tài sản: 10% → 30%, 0,66 → 0,78 triệu đ/km (Ch14, Kết chương)		
Tỷ lệ khai thác	Tự vận hành tuyến xa chỉ rẻ hơn thuê khi vượt khoảng 6.500 km/năm (Ch14, Kết chương)		

D. Câu hỏi kiểm tra giả định

- ☐ Kết luận dựa vào số kết quả mỗi năm, hay vào giá máy? (Ch14, Hộp 14.1)
- ☐ Thời gian tiết kiệm có người trả tiền, hoặc giúp tránh một khoản chi có thật? (Ch14, Hộp 14.1)
- ☐ Tử số đã gồm chuyến hủy, bay lại, làm lại; mẫu số chỉ đếm đầu ra được nghiệm thu? (Ch14, mục 1)
- ☐ Đã tách hòa vốn, hoàn vốn và dòng tiền theo tháng? (Ch14, mục 3)
- ☐ Dữ liệu chỉ vào doanh thu khi có người mua, có quyền bán? (Ch14, Hộp 14.1)

CÔNG CỤ 3. DANH MỤC KIỂM TRA AN TOÀN

Phần lớn sự an toàn của một chuyến bay được quyết định trước khi cánh quạt quay. Danh mục gom những gì Chương 7 và Chương 20 đã phân tích, thêm một số thực hành tốt phổ biến; nó không thay hướng dẫn của nhà sản xuất.

Cách dùng: mỗi nhiệm vụ một phiếu, lưu cùng nhật ký bay. Mục [PL] chưa đạt thì không bay. Mục [TT] chưa đạt thì ghi lý do và người chấp nhận phần rủi ro còn lại (Ch7, mục 6).

[PL]: yêu cầu pháp lý sách đã nêu, kèm điều khoản và chương. [TT]: thực hành tốt, không phải nghĩa vụ pháp lý. Căn cứ đối chiếu đến ngày 18/10/2026 (Ch19); trước mỗi nhiệm vụ, đối chiếu văn bản hiện hành và nội dung phép bay. Viết tắt: Luật PKND (Phòng không nhân dân), NĐ 288 (Nghị định 288/2025/NĐ-CP), BLDS (Bộ luật Dân sự), Luật BVDLCN (Bảo vệ dữ liệu cá nhân).

A. Trước ngày bay

- ☐ [PL] Máy đã đăng ký; miễn phép bay không phải miễn đăng ký (Luật PKND Đ.29; NĐ 288 Đ.19 k1; Ch21).

- ☐ [PL] Người điều khiển đủ 18 tuổi, có giấy phép đúng hạng A hoặc B theo khối lượng máy và cách bay (Luật PKND Đ.31; NĐ 288 Đ.19 k3, Đ.27; Ch19).
- ☐ [PL] Có phép bay đúng nhiệm vụ, địa điểm, thời gian; chỉ miễn khi máy dưới 0,25 kg, bay giải trí, trong tầm nhìn, ngoài khu vực cấm và hạn chế bay (Luật PKND Đ.30 k3; NĐ 288 Đ.21 k1; Ch19).
- ☐ [PL] Đã hiệp đồng chậm nhất 24 giờ trước khi bay, ít nhất 7 ngày nếu ảnh hưởng khai thác tàu bay dân dụng; từ 50 m trở lên có thêm dự báo bay (NĐ 288 Đ.22 k2, Đ.25 k2, k3; Ch20).
- ☐ [PL] Kiểm tra khu vực cấm bay, hạn chế bay, sân bay; khu vực sân bay cần Bộ Xây dựng đồng ý (NĐ 288 Đ.19 k7, Đ.21 k3; Ch19).
- ☐ [TT] Liệt kê đối tượng có thể bị hại theo năm miền rủi ro, mỗi đối tượng một lớp kiểm soát; tuyến bay tránh khu đông người (Ch7, Bảng 7.1).
- ☐ [PL] Không quay phim, chụp ảnh làm lộ mục tiêu trận địa, công trình chiến đấu (Luật PKND Đ.7 k4; Ch21, Bảng 21.1).
- ☐ [PL] Dùng hình ảnh, thu thông tin đời sống riêng tư của người khác cần người đó đồng ý, trừ trường hợp luật định (BLDS Đ.32, 38); hình ảnh nhận dạng được một người thuộc phạm vi Luật BVDLCN (Ch19, mục 5; Ch7, mục 4).
- ☐ [TT] Giới hạn hướng camera, góc nhìn, độ phân giải ở mức nhiệm vụ cần; chọn giờ, nơi bay ít người, giảm tiếng ồn, tránh quấy nhiễu động vật hoang dã; có kênh để người dân phản ánh (Ch7, mục 4, 5).

B. Tại hiện trường, trước khi cất cánh

- ☐ [PL] Mang theo phép bay, giấy chứng nhận đăng ký, giấy phép điều khiển và giấy tờ khác theo Điều 19 (NĐ 288 Đ.25 k1; Ch20, mục 5).
- ☐ [PL] Đối chiếu phép bay với thực tế: người điều khiển, số đăng ký, khu vực, độ cao, điểm cất hạ cánh, giờ bay; thay đổi nào liên quan tới nội dung phép thì hỏi cơ quan cấp phép trước (NĐ 288 Đ.23, Đ.25 k5; Ch20, Bảng 20.1).
- ☐ [PL] Kiểm tra tình trạng kỹ thuật, thời tiết, chướng ngại vật và các mối nguy khác (NĐ 288 Đ.25 k1 điểm d; Ch20).
- ☐ [PL] Người điều khiển đủ điều kiện, không có cồn, chất cấm (Luật PKND Đ.31 k2, Đ.33; Ch21, Bảng 21.1).
- ☐ [TT] Đo và ghi gió tại chỗ, so với ngưỡng nhà sản xuất; xem mưa, sương, tầm nhìn (Ch21, Tình huống 2, 3).
- ☐ [TT] Pin: mức sạc, nhiệt độ, phồng, chu kỳ sử dụng; đủ dự trữ cho phương án dự phòng (Ch7, mục 1, 2).

☐ [TT] Cánh quạt, khung, điểm gắn tải, dù và dây dù: không nứt, mẻ, lỏng, không cạnh sắc (Ch7, mục 2).

☐ [TT] Liên kết điều khiển, tín hiệu định vị ổn định; một người khác giữ giấy tờ và điện thoại liên lạc đã hiệp đồng (Ch20, mục 5).

☐ [TT] Cài đặt khi mất liên kết, độ cao quay về, giới hạn khu vực khớp phương án đã định; ghi phiên bản phần mềm (Ch7, mục 2, 6).

☐ [TT] Vùng cất hạ cánh thoáng, có người giữ; báo người có mặt, đưa người không liên quan ra ngoài; phân vai trong đội.

☐ [PL] Quyết định không bay thì báo cơ quan cấp phép trước thời điểm dự kiến bay (NĐ 288 Đ.24 k4; Ch20).

C. Trong và sau chuyến bay

☐ [PL] Bay trong khu vực, độ cao, thời gian ghi trong phép; bay sai nội dung phép có thể bị đình chỉ (NĐ 288 Đ.25 k5; Luật PKND Đ.33; Ch20).

☐ [PL] Chấp hành hướng dẫn của cơ quan được chỉ định; nhận yêu cầu đình chỉ hợp pháp thì hạ cánh an toàn trước, giải trình sau (NĐ 288 Đ.25 k1; Luật PKND Đ.33, 34; Ch20, mục 5).

☐ [TT] Theo dõi liên tục pin, liên kết, định vị, vị trí so với phép bay; gặp trạng thái suy giảm thì xử lý theo phương án đã định (Ch7, mục 2, 3).

☐ [TT] Ghi nhật ký với giờ đã đồng bộ: vị trí, gió, sự cố, quyết định của người điều khiển; giữ dữ liệu gốc khỏi chỉnh sửa; báo cáo nội bộ cả sự cố nhỏ (Ch7, mục 2, 6; Ch21, Tình huống 10).

☐ [TT] Làm mờ khuôn mặt, biển số; xóa dữ liệu không cần theo thời hạn định trước (Ch7, mục 4). Chuyển hình ảnh nhận dạng được người dân cho bên thứ ba phải tuân thủ Luật BVDLCN [PL] (Ch21, Tình huống 6).

CÔNG CỤ 4. DANH MỤC KIỂM TRA HỒ SƠ VÀ THỦ TỤC

Hồ sơ bay thường không vướng vì thiếu giấy tờ mà vì không tính đủ thời gian làm thủ tục (Ch19). Chỉ đánh dấu ☐ khi đã có giấy tờ trong tay. Lớp nào không áp dụng, ghi lý do. An toàn tại hiện trường xem Công cụ 3.

1. Hoạt động thuộc những lớp thủ tục nào (Bảng 19.1)

Lớp: việc cần xong	Căn cứ	Đầu mối	☐
Phân loại: trọng lượng, cách điều khiển, mục đích	NĐ 288 Điều 4	Tự xác định; cơ quan cấp phép đối chiếu	

Lớp: việc cần xong	Căn cứ	Đầu mối	☐
Nhập khẩu (nếu tự nhập)	Luật Phòng không nhân dân (PKND) Điều 27; NĐ 288 Điều 5–9	Ủy ban nhân dân (UBND) cấp tỉnh, sau ý kiến Bộ Quốc phòng (BQP), Bộ Công an (BCA)	
Tiêu chuẩn: hồ sơ kỹ thuật máy nhập khẩu	Luật PKND Điều 28, 29; TT 39/2025	Bộ Quốc phòng	
Cơ sở nghiên cứu, sản xuất, sửa chữa	NĐ 288 Điều 10–13	Tổng cục Công nghiệp quốc phòng	
Kinh doanh, kể cả dịch vụ bay: hỏi rõ	NĐ 288 Điều 14–17; TT 146 Điều 8	Bộ Chỉ huy quân sự (CHQS) cấp tỉnh, Bộ Tư lệnh (BTL) Thủ đô Hà Nội	
Đăng ký từng máy	Luật PKND Điều 29; NĐ 288 Điều 18; TT 78/2026	Công an cấp tỉnh (cấp xã nếu được phân cấp, dưới 2 kg)	
Giấy phép người điều khiển đúng hạng	Luật PKND Điều 31, 32; NĐ 288 Điều 19, 27–29	Bộ Quốc phòng, theo đề nghị cơ sở đào tạo	
Phép bay cho từng nhiệm vụ	Luật PKND Điều 30; NĐ 288 Điều 21–24; TT 146 Điều 9	Cơ quan quân sự theo độ cao; Bộ Xây dựng (BXD) khi luật định	
Tổ chức bay: hiệp đồng, dự báo bay	Luật PKND Điều 33–35; NĐ 288 Điều 25	Các cơ quan ghi trong phép bay	
Trách nhiệm: dữ liệu, bồi thường	Bộ luật Dân sự (BLDS); Luật Dữ liệu; Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân (BVDLCN)	Tự rà theo từng nhiệm vụ	

☐ Miễn phép bay chỉ khi đủ cả: dưới 0,25 kg, giải trí, trong tầm nhìn, ngoài khu vực cấm, hạn chế bay. Miễn phép bay không miễn đăng ký (Ch19, mục 2; Hộp 21.1).

☐ Hạng A: 0,25 đến dưới 2 kg, trong tầm nhìn. Hạng B: từ 2 kg, ngoài tầm nhìn, hoặc bay theo chương trình cài sẵn (Ch19, mục 2).

☐ Hạn phép tối đa: 30 ngày; 180 ngày cho công vụ, nông nghiệp; 360 ngày cho khu vực bay truyền thống. Không tự xếp việc làm thuê vào nhóm công vụ (Ch19, mục 2).

2. Hồ sơ làm một lần, trước mọi lịch bay

☐ Mỗi máy có chứng từ sở hữu: giấy phép nhập khẩu kèm tờ khai hải quan, hoặc hóa đơn của đơn vị đủ điều kiện kinh doanh (Ch19, mục 3).

☐ Máy tự lắp ráp, máy thử nghiệm có giấy xác nhận tình trạng kỹ thuật (Ch19, mục 3).

- ☐ Mọi máy định dùng, kể cả máy dự phòng, đã đăng ký và gắn thiết bị quản lý hoạt động bay (Ch19, mục 3).
- ☐ Người điều khiển đủ 18 tuổi, đúng hạng; lịch đã tính thời gian đào tạo, sát hạch (Ch19, mục 3).
- ☐ Có người thứ hai đủ hạng để đề xuất trong hồ sơ (Ch20, Kết chương).
- ☐ Người nước ngoài: giấy phép đã được công nhận, có văn bản bảo lãnh (Ch21, Tình huống 7).

3. Hồ sơ phép bay cho từng nhiệm vụ

Độ cao so với địa hình, phạm vi	Cơ quan cấp phép (TT 146 Điều 9)
Dưới 50 m, trong một tỉnh	Bộ Chỉ huy quân sự cấp tỉnh
Dưới 120 m trong quân khu; dưới 50 m trên từ hai tỉnh	Bộ Tư lệnh quân khu
Dưới 120 m trong Thủ đô Hà Nội	Bộ Tư lệnh Thủ đô Hà Nội
Vùng trời, vùng thông báo bay của Việt Nam	Cục Tác chiến
Khu vực cấm, hạn chế bay tại sân bay	Không phân cấp cho cấp tỉnh, quân khu

- ☐ Bay đúng 50 m hay 120 m: đã hỏi trước cơ quan nhận đơn (Ch19, mục 4).
- ☐ Điểm bay gần sân bay: đề nghị tách thành hoạt động bay riêng (Ch20, mục 2).
- ☐ Đơn Mẫu số 06 đủ số đăng ký, số xuất xưởng, tần số, tọa độ WGS-84, giờ bay, số giấy phép người điều khiển; có sơ đồ nếu bay theo tuyến (Ch20, mục 2).
- ☐ Nơi cất hạ cánh khai trong hồ sơ là một khu vực, không chỉ một điểm, có phương án dự phòng (Ch20, mục 2).
- ☐ Sổ hồ sơ ghi ngày: đã gửi, đủ hợp lệ, có trả lời, được cấp toàn bộ hay một phần (Ch20, mục 2).

Mốc (NĐ 288)	Bay thông thường	Ảnh hưởng hàng không dân dụng
Nộp hồ sơ, tối thiểu	7 ngày trước ngày bay	12 ngày nếu phải phát điện văn thông báo hàng không
Cơ quan giải quyết	5 ngày làm việc từ khi đủ hồ sơ hợp lệ	Cần Bộ Xây dựng đồng ý, trả lời trong 3 ngày
Hiệp đồng, chậm nhất	24 giờ trước khi bay	7 ngày nếu ảnh hưởng khai thác tàu bay dân dụng
Nên nộp (ví dụ Ch20)	Khoảng 14 ngày trước	Khoảng 20 ngày trước

Dòng cuối theo Ch20, mục 1: giả định cơ quan dùng hết thời hạn và có một lần bổ sung hồ sơ.

4. Trước giờ cất cánh

- ☐ Đã hiệp đồng với các cơ quan ghi trong phép; thông tin đã khai khớp thực tế (Ch20, mục 3).
- ☐ Bay từ 50 m: kế hoạch dự báo bay đã gửi trước ít nhất 24 giờ (Ch20, mục 3).
- ☐ Một người không cầm bộ điều khiển giữ phép bay, giấy đăng ký, giấy phép điều khiển và nghe điện thoại (Ch20, mục 5).
- ☐ Có thay đổi: tra bảng dưới, ghi sổ thay đổi gì, ảnh hưởng dòng nào trong phép, đã hỏi ai, lúc mấy giờ. Không bay thì báo cơ quan cấp phép trước giờ dự kiến (Ch20, mục 4, Kết chương).

Nếu đổi	Ảnh hưởng tới	Trước khi cất cánh
Giờ, vẫn trong hạn phép	Giờ trong phép (nếu ghi); hiệp đồng; dự báo bay	Báo cơ quan đã hiệp đồng; hỏi về dự báo
Ngày, ra ngoài hạn phép	Thời hạn phép	Không bay; xin phép mới
Người điều khiển	Họ tên trong phép	Người thay đúng hạng; hỏi cơ quan cấp phép
Sang máy dự phòng	Số xuất xưởng, số đăng ký	Hỏi cơ quan cấp phép trước khi dùng
Điểm cất hạ cánh	Tọa độ trong phép	Hỏi cơ quan cấp phép; kiểm lại độ cao
Cao hơn, ra ngoài khu vực	Độ cao, tọa độ khu vực	Không bay; xác định thủ tục mới
Camera, cảm biến	Cấu hình, tần số đã khai	Đối chiếu khối lượng, tần số, hạng giấy phép

5. Dữ liệu, hợp đồng, bảo hiểm

- ☐ Camera không ghi mục tiêu trận địa; ảnh nhận dạng được người đã rà theo Bộ luật Dân sự và Luật Bảo vệ dữ liệu cá nhân (Ch19, mục 5).
- ☐ Dữ liệu lưu, xử lý ở nước ngoài đã đối chiếu tiêu chí dữ liệu cốt lõi, quan trọng (Ch19, mục 5).
- ☐ Hợp đồng ghi sản phẩm bàn giao, quyền với dữ liệu gốc, giới hạn trách nhiệm, nghĩa vụ bảo hiểm và cách xử lý đổi lịch (Ch21, Tình huống 2, 6; Hộp 20.1).
- ☐ Đã đọc điều khoản loại trừ của đơn bảo hiểm. Có phải mua hay không, xem điều kiện chuyên ngành và hợp đồng từng nhiệm vụ (Ch19, mục 5).
- ☐ Nhiều nhà cung cấp: hợp đồng đã phân vai và chỉ người giữ dữ liệu gốc khi có sự cố (Ch21, Tình huống 10).
- ☐ Sau bay lưu phép, hiệp đồng, sổ thay đổi, dữ liệu bay theo cùng một đồng hồ (Ch20, mục 6).

☐ Hoạt động có đặc điểm riêng (phun, rải; nguyên mẫu; nhập khẩu để bán; bên mua dùng ngân sách; người, máy nước ngoài; nhiều máy có khán giả; bay ngoài tầm nhìn): đã tra Bảng 21.2 trước khi nộp hồ sơ.

Văn bản về UAV thay đổi nhanh hơn chu kỳ in sách. Căn cứ trên đây đúng như sách nêu, đối chiếu đến ngày 18/10/2026; trước mỗi hồ sơ, tra bảng văn bản pháp luật trên trang trực tuyến đi kèm (mục Cách đọc cuốn sách). Danh mục không thay tư vấn pháp lý.

CÔNG CỤ 5. KHUNG ĐÁNH GIÁ NHÀ CUNG CẤP

Một báo giá cho biết nhà cung cấp bán gì. Khung này hỏi ba điều báo giá thường không nói: họ chịu trách nhiệm tới đâu, bằng chứng nào cho thấy họ làm được trong điều kiện của mình, và mình còn giữ được gì khi hợp đồng kết thúc (Ch4, Ch12, Ch22). Khung dùng chung cho mua phương tiện, thuê phương tiện hay mua dịch vụ.

Cách dùng

– Mỗi hồ sơ nhiệm vụ một phiếu. Hai việc của công ty truyền tải điện ở Chương 4 cần hai phiếu: một cho đội đa cánh quạt kiểm tra cột vượt sông, một cho dịch vụ khảo sát hành lang tuyến.

– Loại trước, chấm sau (Ch4, mục 5). Dòng có dấu (*) là điều kiện loại: ghi Đạt hoặc Không đạt. Không đạt thì dừng; điểm cao ở dòng khác không bù được.

– Đặt trọng số từ thẻ bài toán trước khi mở báo giá, tổng 100. Việc tạo dữ liệu cho hồ sơ tài sản, như kiểm tra cột vượt sông, đặt trọng số cao ở nhóm B và F; việc mua dịch vụ đặt trọng số cao ở tư cách đầu ra và chi phí trên kết quả được nghiệm thu.

– Chấm theo bằng chứng, không theo lời hứa, với thang 0–3 dưới đây. Điểm tổng bằng tổng (trọng số × điểm) chia 3, ra thang 100.

Điểm	Bằng chứng nhà cung cấp đưa ra
0	Không trả lời được, hoặc chỉ có lời giới thiệu
1	Thông số danh định, tài liệu chung hay một buổi trình diễn
2	Kết quả thật, nhưng trong điều kiện khác điều kiện của mình
3	Kết quả lặp lại, gần điều kiện của mình, kiểm tra được (Ch4, mục 4; Ch15, Bảng 15.1)

Tiêu chí	Câu hỏi kiểm tra	Trọng số	Điểm
A. PHÙ HỢP NHIỆM VỤ			

Tiêu chí	Câu hỏi kiểm tra	Trọng số	Điểm
A1. Hỏi bài toán trước khi chào máy	Họ hỏi phương pháp nền, kết quả được chấp nhận, bốn vai chưa? (Ch8, mục 1)		
A2. Kiến trúc phương tiện	Hợp nhiệm vụ điểm, tuyến, vùng hay vận chuyển; hai đầu chuyến bay cần gì? (Ch4, Bảng 4.1)		
A3. Năng lực trong điều kiện thật	Có bằng chứng bay lặp lại với đủ tải, gió, nhiệt độ hiện trường? (Ch4, mục 4)		
A4. Năng suất đạt chuẩn	Bao nhiêu điểm, cây số tuyến hay hecta đạt chuẩn mỗi chu kỳ pin? (Ch4, mục 4)		
B. CẢM BIẾN, TẢI TRỌNG VÀ DỮ LIỆU			
B1. Tải trọng theo câu hỏi	Mỗi cảm biến trả lời câu hỏi nào, xác nhận bằng gì? (Ch5, Bảng 5.1)		
B2. Tư cách đầu ra	Giao dữ liệu thô, sản phẩm dữ liệu hay kết luận có người ký? (Ch5, mục 6)		
B3. Định dạng và tích hợp	Dữ liệu gốc có siêu dữ liệu, xuất được, nối được vào hệ thống của mình? (Ch5, mục 1, 6)		
B4. Quyền dữ liệu	Dữ liệu thuộc ai, ai được dùng lại, ảnh gốc có được giao? (Ch13, Bảng 13.1; Ch8, Hộp 8.2)		
B5. AI	Đã thử trên dữ liệu gần điều kiện ở đây; báo độ nhạy; ai xác nhận? (Ch5, Hộp 5.1)		
C. AN TOÀN VÀ TUÂN THỦ			
C1*. Hồ sơ phương tiện	Giấy phép nhập khẩu (nếu nhập), đăng ký, thiết bị quản lý hoạt động bay? (Ch19, Bảng 19.1)	—	
C2*. Người và tổ chức	Giấy phép điều khiển đúng hạng; chứng nhận đủ điều kiện theo vị trí? (Ch19, Bảng 19.1; Ch12, Hộp 12.1)	—	
C3. Lịch phép bay	Hồ sơ phép bay có khớp lịch và phạm vi nhiệm vụ? (Ch19, Hộp 19.2; Ch20, mục 1–2)		
C4. Trước bay và khi đổi cấu hình	Kiểm tra kỹ thuật, thời tiết, chướng ngại vật; đối chiếu lại khi thay cảm biến? (Ch20, mục 4)		
C5. Nhật ký và trách nhiệm	Nhật ký giữ cấu hình, dựng lại được sự cố; thiệt hại ai chịu? (Ch20, Hộp 20.2; Ch19, mục 5)		
D. HỖ TRỢ, BẢO TRÌ, PHỤ TÙNG, ĐÀO TẠO			
D1. Phụ tùng và pin	Phụ tùng sẵn ở địa phương hay chờ hàng tuần; có nguồn thứ hai? (Ch2, mục 1–2)		
D2. Bảo trì	Ai bảo trì; máy sẵn sàng bao nhiêu ngày mùa cao điểm; có sổ lỗi? (Ch2, mục 2; Ch12, mục 4)		

Tiêu chí	Câu hỏi kiểm tra	Trọng số	Điểm
D3. Đào tạo	Đội mình có bớt phụ thuộc tay nghề vài cá nhân? (Ch2, mục 2)		
E. CHI PHÍ SỞ HỮU			
E1. Tổng chi phí sở hữu	Đã tính pin, phụ tùng, bảo trì, phần mềm, giờ công tuân thủ? (Ch14, mục 1, 4)		
E2. Chi phí trên kết quả được nghiệm thu	Giá tính theo đầu ra được nghiệm thu hay theo lượt bay? (Ch14, mục 1)		
E3. Sở hữu, thuê hay mua dịch vụ	Hợp tần suất dùng và tỷ lệ khai thác thật? (Ch4, mục 6; Ch14, mục 4)		
F. PHỤ THUỘC VÀ KIỂM SOÁT			
F1. Quyền kiểm soát giữ lại	Mình giữ được quyền đặt yêu cầu, kiểm chứng, dữ liệu, thay thế? (Ch22, Bảng 22.2)		
F2. Khả năng thay thế	Họ đổi giá, khóa giao diện hay rời đi, chuyển bên khác tốn gì? (Ch12, mục 4–5)		
F3. Năng lực sau hợp đồng	Hồ sơ, dữ liệu nào được bàn giao hợp pháp; ai vận hành tiếp? (Ch22, Hộp 22.1)		
G. NĂNG LỰC DOANH NGHIỆP, VỊ TRÍ TRONG CHUỖI			
G1. Vị trí và trách nhiệm	Họ đứng ở vị trí nào, giữ điểm kiểm soát gì, cam kết dừng ở đâu? (Ch12, Bảng 12.1)		
G2. Bằng chứng đã kiểm chứng	Có đơn hàng lặp lại; kết quả được bên độc lập xác nhận? (Ch12, Hộp 12.2; Ch15, mục 4)		
TỔNG	Tổng trọng số 100; điểm tổng = Σ (trọng số × điểm) ÷ 3		

Tổng điểm chỉ dùng để xếp những phương án đã qua vòng loại. Một ô 0 ở dòng có trọng số lớn đáng bàn hơn chênh lệch vài điểm tổng. Ô nào chưa chấm được vì thiếu thông tin thì ghi vào danh sách những gì chưa biết: Chương 4 coi danh sách ấy là sản phẩm quan trọng nhất của vòng so sánh, và nó là đầu vào cho đề cương thử nghiệm ở Công cụ 1.

Dấu hiệu cảnh báo

- Chào một mẫu "đa năng" có thông số cao nhất cho mọi việc, trước khi hỏi nhiệm vụ là gì (Ch4, mở chương và Kết chương).
- Thông số không kèm điều kiện đo, như thời gian bay tối đa đo khi không tải, không gió, bay tới lúc pin cạn (Ch4, mục 4).

- Gọi sản phẩm bằng nhãn Drone-in-a-Box, eVTOL mà không nói bên trong là kiến trúc nào (Ch4, Hộp 4.2); dán nhãn "drone AI" mà không chỉ ra các mắt xích từ ảnh tới quyết định (Ch5, mục 1).
- Báo "độ chính xác 95%" chung chung, không nói độ nhạy; hoặc báo cáo đi thẳng từ "AI phát hiện" tới "đã xử lý xong" mà không ai ký kết luận (Ch5, mục 5–6).
- Bản đồ chỉ nằm trong máy nhà thầu, dữ liệu vận hành không xuất được để phân tích (Ch22, mục 4).
- "Có hợp đồng là bay được", "đã đăng ký là bay được" (Ch21, Hộp 21.1).
- Bằng chứng chỉ đến từ buổi trình diễn hay ngày thuận lợi nhất (Ch15, Bảng 15.1, Hộp 15.2).

Nguồn: khung của các tác giả, tổng hợp từ các chương đã dẫn. Trọng số do người dùng đặt; sách không đề xuất trọng số chuẩn. Các dòng (*) cần đối chiếu lại căn cứ pháp lý ở Chương 19–21 tại thời điểm dùng, vì quy định đang được điều chỉnh (Ch22, mục 3).

PHỤ LỤC 2. TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tham khảo được sắp theo nhóm cơ quan, tổ chức công bố; mỗi tài liệu ghi một dòng để nhận diện: cơ quan hoặc tác giả, năm, tiêu đề rút gọn. Văn bản quy phạm pháp luật được gọi tên ngay trong chính văn nên không đánh số ở đây. Thông tin đầy đủ, đường dẫn tới từng nguồn và bảng các văn bản pháp luật được dẫn có ở trang trực tuyến đi kèm cuốn sách; quét mã dưới đây hoặc truy cập kinhtetamthap.vn/qr/kttt/res. Số thứ tự [n] trên trang trực tuyến trùng với số trong sách.

kinhtetamthap.vn/qr/kttt/res

I. VĂN BẢN VÀ THÔNG TIN CHÍNH THỨC CỦA VIỆT NAM

[1] Bộ Chính trị (2026). Nghị quyết 79-NQ/TW về phát triển kinh tế nhà nước.

[2] Bộ Chính trị (2026). Kết luận 99-KL/TW về khai thác, quản trị và bảo vệ không gian tầm thấp.

[3] Chính phủ (2026). Nghị quyết 29/NQ-CP, chương trình hành động thực hiện Nghị quyết 79-NQ/TW.

[4] Dự thảo Nghị định sửa đổi Nghị định 288/2025/NĐ-CP (lấy ý kiến 29/9/2026).

[5] Thủ tướng Chính phủ (2026). Quyết định 808/QĐ-TTg giao nhiệm vụ phát triển công nghệ chiến lược.

[6] Bộ Quốc phòng (2026). Quyết định 241/QĐ-BQP công bố thủ tục hành chính lĩnh vực quản lý vùng trời.

[7] Bộ Quốc phòng (2026). Quyết định 2506/QĐ-BQP sửa đổi thủ tục hành chính lĩnh vực quản lý vùng trời.

[8] Cổng TTĐT Bộ Công an (2026). Xử phạt trường hợp sử dụng flycam chưa đăng ký, chưa được cấp phép bay.

[9] Bộ Khoa học và Công nghệ (2026). Kinh tế không gian tầm thấp là động lực tăng trưởng mới.

[10] Bộ Khoa học và Công nghệ (2026). Đà Nẵng định hình hệ sinh thái kinh tế không gian tầm thấp.

[11] UBND tỉnh Điện Biên (2026). Quyết định 1291/QĐ-UBND cấp phép thử nghiệm có kiểm soát bằng UAV.

[12] Ban Quản lý Khu Công nghệ cao TP.HCM (2025). Quyết định 363/QĐ-KCNC, quy chế thử nghiệm có kiểm soát.

II. TỔ CHỨC QUỐC TẾ, TIÊU CHUẨN VÀ CƠ QUAN NƯỚC NGOÀI

[13] OECD (2008). Enhancing the Role of SMEs in Global Value Chains.
[14] De Backer, K. & Miroudot, S. (2013). Mapping Global Value Chains. OECD.
[15] Warwick, K. & Nolan, A. (2014). Evaluation of Industrial Policy. OECD.
[16] Millot, V. & Rawdanowicz, Ł. (2024). The Return of Industrial Policies. OECD.
[17] ICAO (2015). Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), Doc 10019.
[18] ICAO (2018). Safety Management Manual, Doc 9859.
[19] ICAO (2023). UTM: A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization.
[20] ICAO (2019). A40-WP/518: Performance-Based Regulations of UAS – Rwanda.
[21] Pop, G. & Connon, D. (2020). Industrial Policy Effects and the Case for Competition. World Bank.
[22] IEC (2017). IEC TS 62446-3: PV Systems – Outdoor Infrared Thermography.
[23] IECEx (2026). IECEx 02 – Certified Equipment Scheme, Rules of Procedure.
[24] JARUS (2024). Specific Operations Risk Assessment (SORA) v2.5.
[25] W3C (2013). PROV-DM: The PROV Data Model.
[26] European Union. Directive 2014/34/EU (ATEX).
[27] European Commission. Hướng dẫn mua sắm tiền thương mại (PCP) và mua sắm giải pháp đổi mới (PPI).
[28] European Commission (2021). Implementing Regulation (EU) 2021/664 on U-space.
[29] European Commission (2023). Implementing Regulation (EU) 2023/203 (Part-IS).
[30] EASA (2024). FAQ n.140559: Maximum take-off mass in the open category.
[31] EASA (2026). Easy Access Rules for UAS; ED Decision 2025/018/R.
[32] EASA. Insurance – What should you consider when getting drone insurance?
[33] EASA. Privacy Handbook (Civil drones).
[34] EASA (2021). Study on the Societal Acceptance of Urban Air Mobility in Europe.
[35] EASA (2022). Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports.
[36] Hoa Kỳ (2022). Advanced Air Mobility Coordination and Leadership Act, Public Law 117-203.
[37] DOJ, FAA, DHS, FCC (2020). Advisory on Technology to Detect and Mitigate UAS.
[38] U.S. DOT OIG (2022). FAA Made Progress Through Its UAS Integration Pilot Program, AV2022027.
[39] U.S. DOT OIG (2025). FAA Has Made Progress Advancing BVLOS Drone Operations, AV2025034.
[40] FAA. 14 CFR Part 107 – Small UAS; Part 107 Waivers.
[41] FAA. 14 CFR Part 89 – Remote Identification of Unmanned Aircraft.
[42] FAA (2023). Advanced Air Mobility Implementation Plan – Innovate28.
[43] FAA (2022). Engineering Brief No. 105 – Vertiport Design.
[44] FAA (2021). UAS Integration Pilot Program Final Report.
[45] FAA. Public Involvement and Environmental Review for Drone Operations.
[46] FAA. UAS Data Exchange (LAANC).

[47] FAA. Package Delivery by Drone (Part 135).
[48] FAA (2025). Normalizing UAS Beyond Visual Line of Sight Operations, NPRM (dự thảo).
[49] FAA (2025). Form FAA 4300-13: UAS Flight Anomaly Report.
[50] NIST (2023). AI Risk Management Framework (AI RMF 1.0).
[51] Iorga, M. và cộng sự (2018). Fog Computing Conceptual Model, NIST SP 500-325.
[52] NIST (2021). SP 800-213 và SP 800-213A: IoT Device Cybersecurity Guidance.
[53] NASA Earthdata (2021). Passive Instruments.
[54] Jeong, T. và cộng sự (2024). Design of a Six-Tiltrotor Concept Vehicle for Urban Air Mobility. NASA.
[55] FGDC. Standards – Geospatial Metadata.
[56] NOAA. What is lidar?
[57] Vaughan, R. G. (2021). Thermal Infrared Remote Sensing at Yellowstone 101. USGS.
[58] USGS. What is the difference between lidar data and a DEM?
[59] Transport Canada (2025). RPAS – Beyond Visual Line-of-Sight and Other Operations.
[60] Quốc vụ viện Trung Quốc (2024). Report on the Work of the Government.
[61] NDRC (2024). Chức năng của Vụ Phát triển kinh tế tầm thấp.
[62] CAAC (2024). Cấp giấy phép sản xuất đầu tiên cho tàu bay không người lái chở người.
[63] Shenzhen Daily (2025). China's 1st certified unmanned helicopter made in Shenzhen.
[64] Chính phủ Rwanda (2016). President Kagame Launches Medical Delivery Drones in Muhanga.
[65] Rwanda (2016). Ministerial Regulations N°01/MOS/Trans/016 on Unmanned Civil Aircraft System.
[66] Rwanda Civil Aviation Authority (2018). Civil Aviation (UAS) Regulations, Part 27.
[67] MOLIT Hàn Quốc (2026). 30 Drone Demonstration Cities and 19 Companies/Consortia.
[68] MLIT Nhật Bản. Flight Rules for Unmanned Aircraft.
[69] MLIT Nhật Bản. Unmanned Aircraft "LEVEL 4" Flight Web Portal – Flight Operation.
[70] STSB Thụy Sĩ. Final Report: tai nạn UAV Matternet M2 ngày 09/05/2019 tại Zurich.

III. NGHIÊN CỨU, BÁO CHÍ VÀ DOANH NGHIỆP Ở VIỆT NAM

[71] Báo Đầu tư (2026). Tây Ninh cần cụ thể hóa phạm vi thử nghiệm và cơ chế sandbox đối với UAV.
[72] Báo Lào Cai (2025). Tăng cường công tác quản lý tàu bay không người lái và phương tiện bay khác.
[73] Báo Pháp luật Việt Nam (2026). Sandbox công nghệ số – cần cơ chế liên thông để bứt phá.
[74] Báo Tin tức và Dân tộc (2026). Kinh tế tầm thấp – từ ứng dụng hiệu quả đến chính sách phù hợp.
[75] Báo Công Thương (2026). Không gian tầm thấp: Động lực mới thúc đẩy phát triển kinh tế.

[76] Báo Đại biểu Nhân dân (2026). TP.HCM: Phát triển hoạt động kinh tế trên không phận dưới 1.000 m.

[77] Báo Dân Việt (2026). Kinh tế tầm thấp ứng dụng công nghệ UAV: còn vướng ở đâu?

[78] Tạp chí Doanh nghiệp và Hội nhập (2026). Tây Ninh hoàn thiện chiến lược hệ sinh thái UAV đến 2035.

[79] Doanh nhân & Pháp luật (2026). Đà Nẵng thiết lập 4 khu vực vùng trời thử nghiệm kinh tế tầm thấp.

[80] Gremsy (2026). Khát vọng tỷ đô của Gremsy: từ vườn ươm SHTP đến kỳ lân 2030.

[81] Gremsy (2026). Bài phát biểu của Chủ tịch HĐQT tại lễ khởi công Nhà máy Gremsy.

[82] Nhà Đầu tư. UAV, robot, AI và cuộc chuyển mình thầm lặng của ngành điện miền Bắc.

[83] Báo Nhân Dân (2026). Chuẩn hóa quản lý và đào tạo khi sử dụng UAV trong nông nghiệp.

[84] Báo Sài Gòn Giải Phóng (2026). Đà Nẵng thí điểm 3 ứng dụng dịch vụ bay tầm thấp.

[85] Báo Sức khỏe & Đời sống (2026). Thử nghiệm, tiến tới nhân rộng vận chuyển bằng UAV.

[86] Thị trường Tài chính Tiền tệ, VietTimes (2025). Sự cố UAV trình diễn tại Mỹ Đình, tháng 01/2025.

[87] Thương hiệu và Công luận (2026). Hà Nội đề xuất cơ chế sandbox cho UAV.

[88] Tuổi Trẻ (2026). 6.000 drone đang làm việc trên đồng ruộng Đồng bằng sông Cửu Long.

[89] Tuổi Trẻ (2026). Thiết bị bay không người lái "cất cánh" giao hàng tại TP.HCM.

[90] VCCI (2026). Rào cản để Việt Nam trở thành trung tâm sản xuất UAV.

[91] Vietnam Post (2026). Vietnam Post đưa UAV vào phục vụ nông nghiệp.

[92] VietnamFinance (2022). Người Việt đầu tiên xuất khẩu drone vào Mỹ.

[93] Vietnam+ (2026). Cần Thơ đặt mục tiêu trở thành trung tâm kinh tế tầm thấp của khu vực.

[94] VnEconomy (2026). Doanh nghiệp kiến nghị hoàn thiện chính sách đối với UAV.

[95] VnEconomy (2026). Tay Ninh to become Vietnam's national hub for UAV testing and training.

[96] VnEconomy (2026). TP.HCM định hướng phát triển trung tâm sản xuất thiết bị bay.

[97] VnExpress (2026). 10.000 drone đang sử dụng tại Đồng bằng sông Cửu Long.

[98] VnExpress (2022). Nông dân sắm máy bay phun thuốc thuê.

[99] VnBusiness (2025). HTX và drone hợp sức vượt thách thức.

[100] VOH (2025). Khu công nghệ cao TP.HCM có thêm nhà máy thiết bị bay không người lái 550 tỷ đồng.

IV. NGHIÊN CỨU, BÁO CHÍ VÀ DOANH NGHIỆP QUỐC TẾ

[101] Aviation International News, Electrive (2025). Diamond Aircraft tiếp nhận Volocopter.

[102] Aviation International News (2025). Lilium Closes eVTOL Business.

[103] Aviation International News (2026). Volant Aerotech Gets Additional Funding for VE25-100.

[104] ARPAS-UK (2025). National Grid Rolls Out Centralised Autonomous Drone Inspections.

[105] ARPAS-UK (2023). sees.ai secures UK-first routine BVLOS permission for powerline inspection.

[106] Baker McKenzie (2022). Client Alert về lần sửa Luật Hàng không Nhật Bản ngày 5/12/2022.

[107] Business Insider (2022). Amazon will pay $63 per package for drone delivery in 2025.

[108] The Canberra Times (2019). Noisy drones face restrictions after ACT Assembly inquiry.

[109] CBNData (2026). UAV vượt biển: tính bài toán chi phí của logistics tầm thấp.

[110] Walmart (2026). Walmart Celebrates 1 Million Drone Deliveries.

[111] DJI. Agras DB1560 Intelligent Flight Battery.

[112] DJI Enterprise. Matrice 350 RTK – Specs.

[113] DJI (2025). DJI FlyCart 100 – thông cáo ra mắt và thông số.

[114] Wingtra. WingtraOne GEN II – thông số kỹ thuật.

[115] Quantum Systems (2024). Trinity Pro – thông số kỹ thuật.

[116] China Daily (2018). Feihong-98 completes test flight.

[117] DroneDJ (2021). DHL abandons Parcelcopter delivery drone project.

[118] DroneLife (2026). Gremsy USA Launches Blue UAS-Cleared Payload Line.

[119] FLYING Magazine (2026). Amazon Drone Delivery Will Soon Land in Chicago Suburbs.

[120] Geoawesome (2017), Quartz. 3D Robotics, DJI và việc chuyển hướng sang phần mềm.

[121] healthandcare.scot (2024). Medical drone trial crosses the Clyde.

[122] EHang (2025). Third Quarter 2025 Unaudited Financial Results (SEC Exhibit 99.1).

[123] EHang (2025). EH216-S eVTOL Operators Obtain Air Operator Certificates.

[124] Hanley, J. A. & Lippman-Hand, A. (1983). If Nothing Goes Wrong, Is Everything All Right? JAMA.

[125] Nisingizwe, M. P. và cộng sự (2022). Drone delivery of blood products in Rwanda. The Lancet Global Health.

[126] New Atlas (2024). Lilium is out of money and filing for insolvency.

[127] AGS Airports & NHS Grampian (2022). £10m funding from Innovate UK for medical drone project.

[128] Antràs, P. và cộng sự (2012). Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows. AER.

[129] Zipline, QSR Magazine (2024). Zipline đạt mốc một triệu lượt giao hàng.

[130] Graphic Online (2024). Zipline hits 1 million delivery mark.

[131] NewsGhana (2025). Zipline Suspends Three Ghana Centres Over Unpaid Government Debt.

[132] NewsGhana (2025). Zipline Negotiates Payment for Outstanding Government Arrears.

[133] GBC Ghana Online (2025). Government pays over $500,000 monthly for Zipline drone services.

[134] The Labari Journal (2025). A New Administration Says the Zipline Contract is Overpriced.

[135] TechCabal (2025). Zipline secures $150m to scale AI drone delivery across Africa.

[136] ICTworks (2026). African Countries Should Demand Better than $150M Zipline Deal.

[137] MIT Technology Review (2017). Zipline's Ambitious Medical Drone Delivery in Africa.

[138] Robohub (2016). 3D Robotics undergoing layoffs and other challenges.

[139] The Scotsman. The funding wait holding up Scotland's medical drone trials.

[140] Sherwood News (2024). Amazon drone delivery costs customers $9.99 but Amazon a lot more.

[141] Skydio (2023). Skydio to Sunset Consumer Drone Offerings.

[142] Swiss Post (2020). Drone Operations – Report of the Expert Board.

[143] Swiss Post. Drones in logistics.

[144] TechNode (2025). Meituan secures China's first nationwide drone delivery license.

[145] Unmanned Airspace (2025). Investment for sees.ai funds expansion and National Grid operations.

[146] Unmanned Systems Technology (2020). Gremsy Develops Professional Camera Gimbals for UAVs.

[147] Wing (2026). Wing and Walmart name new metros to expand drone delivery network.

[148] Rolls-Royce (2012). Rolls-Royce celebrates 50th anniversary of Power-by-the-Hour.

PHỤ LỤC 3. BẢNG THUẬT NGỮ SỬ DỤNG

Quy tắc lựa chọn và phạm vi

Bảng thuật ngữ này được tác giả biên tập theo những thuật ngữ ghi nhận trong 23 chương, bảng biểu và hệ chú thích của cuốn sách. Trong đó được phân loại theo cách dùng như sau:

- P1 là cách gọi ưu tiên theo văn bản, tài liệu chính thức của Việt Nam;

- P2 là cách gọi khoa học, kỹ thuật được dùng rộng rãi;

- P3 là cách diễn đạt hoặc Việt hóa do các tác giả lựa chọn;

- P4 giữ nguyên tiếng Anh, chữ viết tắt hoặc tên riêng có kèm theo giải thích tiếng Việt.

Về nguyên tắc trình bày: khi lần đầu sử dụng sẽ ghi tên tiếng Việt (và tên/chữ viết tắt tiếng Anh khi cần).

Bảng không thay thế định nghĩa trong luật, tiêu chuẩn hoặc quy định của nước ngoài. P1 là mức lựa chọn cách gọi chứ không phải chứng nhận một thuật ngữ đã là định nghĩa pháp lý trong mọi ngữ cảnh.

Cột "Phạm vi và mức độ" ghi thêm số lần thuật ngữ được dùng trong sách, đếm từ Lời nói đầu đến hết Phụ lục 1 (gồm cả bảng, hộp và Bộ công cụ; không tính mục lục, Phụ lục 2 và chính bảng này). Mỗi lần đếm gộp các cách viết của cùng một thuật ngữ: tên tiếng Việt, tên tiếng Anh và chữ viết tắt; một cụm nằm trong thuật ngữ dài hơn đã có trong bảng chỉ được đếm cho thuật ngữ dài hơn. Để bảng gọn và dễ tra, bảng chỉ giữ những thuật ngữ chuyên ngành được dùng thường xuyên (từ năm lần trở lên) hoặc là khái niệm then chốt. Thuật ngữ ít dùng (dưới năm lần) không đưa vào bảng mà được giải thích ngay tại chỗ, trong ngoặc đơn ở lần dùng đầu tiên. Các khái niệm do sách xây dựng (thẻ bài toán, tư cách đầu ra, bốn vai, năm lối ra, kết quả được chấp nhận)

đã được giới thiệu ở mục Cách đọc cuốn sách và định nghĩa trong chương liên quan; đơn vị tiền tệ và từ ngữ thông dụng cũng không đưa vào bảng.

Chữ viết tắt tên cơ quan nhà nước và tên luật của Việt Nam (như UBND, BQP, BCA, BXD, Luật PKND, BLDS) không đưa vào bảng; chúng được ghi đầy đủ ở lần dùng đầu tiên trong mỗi chương và mỗi công cụ của Phụ lục 1.

Danh mục thuật ngữ

STT	Thuật ngữ / viết tắt	Tên gốc tiếng Anh	Tiếng Việt ưu tiên	Phạm vi và mức độ
I. Khái niệm kinh tế, tổ chức thị trường và chính sách				
1	**Kinh tế không gian tầm thấp**	Low-altitude economy	Kinh tế không gian tầm thấp; gọi rút gọn là kinh tế tầm thấp	P3 · 54 lần · Tên gọi thống nhất của cuốn sách; không suy ra một định nghĩa pháp lý duy nhất.
2	**Không gian tầm thấp**	Low-altitude space	Không gian tầm thấp	P3 · 10 lần · Không đồng nhất với một ngưỡng độ cao cố định.
3	**Hoạt động bay**	Flight operations	Hoạt động bay; khai thác hoạt động bay	P2 · 49 lần · Tổ chức và thực hiện chuyến bay; khác sở hữu phương tiện.
4	**Quản lý vùng trời**	Airspace management	Quản lý vùng trời	P2 · 11 lần · Phân bổ, tổ chức và kiểm soát việc sử dụng vùng trời.
5	**Quy định theo hiệu năng**	Performance-based regulation	Quy định theo hiệu năng	P2 · 6 lần · Quy định mức phải đạt, không ấn định một phương án công nghệ duy nhất.
6	**Quy định theo thiết kế**	Prescriptive / design-based regulation	Quy định theo thiết kế	P3 · 2 lần · Quy định đặc tính hoặc cấu hình phải có.

7	**Sandbox**	Regulatory sandbox	Thử nghiệm có kiểm soát (sandbox)	P2 · 27 lần · Không đồng nghĩa với việc miễn toàn bộ quy định hiện hành.
8	**Khu thử nghiệm**	Test area / test site	Khu thử nghiệm	P3 · 17 lần · Không mặc nhiên là khu vực bay được miễn phép.
9	**Hành lang bay**	Flight corridor	Hành lang bay	P2 · 6 lần · Tuyến hoặc khu vực được thiết kế cho hoạt động bay nhất định.
10	**Hệ sinh thái**	Ecosystem	Hệ sinh thái	P2 · 24 lần · Gồm cả thị trường, hạ tầng, thể chế và các chủ thể.
11	**Chuỗi cung ứng**	Supply chain	Chuỗi cung ứng	P2 · 9 lần · Dòng cung cấp các đầu vào để tạo, duy trì năng lực hoạt động.
12	**Chuỗi giá trị**	Value chain	Chuỗi giá trị	P2 · 15 lần · Các hoạt động làm đầu ra hữu ích hơn cho người sử dụng.
II. Phương tiện, vùng trời, khai thác và pháp lý hàng không				
13	**UAV**	Unmanned Aerial Vehicle	Tàu bay không người lái (UAV)	P1 · 360 lần · Cách viết thông dụng cho phương tiện; không đồng nhất với UAS.
14	**UAS**	Unmanned Aircraft System	Hệ thống tàu bay không người lái (UAS)	P2 · 6 lần · Gồm phương tiện và các phần tử liên quan phục vụ khai thác.
15	**Drone**	Drone	Drone / tàu bay không người lái theo ngữ cảnh	P4 · 14 lần · Cách gọi phổ biến, không phải thuật ngữ pháp lý chính xác trong mọi trường hợp.
16	**Flycam**	Camera drone	Flycam; UAV chuyên quay, chụp	P4 · 8 lần · Không thay thế cho UAV trong toàn bộ ứng dụng.
17	**Multirotor**	Multirotor aircraft	Cấu hình đa cánh quạt	P2 · 16 lần · Tạo lực nâng bằng nhiều rô-to; có khả năng treo tại chỗ.

18	**Fixed-wing**	Fixed-wing aircraft	Cấu hình cánh cố định	P2 · 13 lần · Cần chuyển động để tạo lực nâng khí động.
19	**VTOL**	Vertical Take-Off and Landing	Cất, hạ cánh thẳng đứng	P2 · 15 lần · Chỉ năng lực cất hạ cánh; chưa xác định nguồn năng lượng.
20	**eVTOL**	Electric Vertical Take-Off and Landing	Tàu bay cất, hạ cánh thẳng đứng bằng điện	P2 · 13 lần · Có thể có hoặc không có người lái; không đồng nghĩa ô tô bay.
21	**Drone-in-a-Box**	Drone-in-a-Box	UAV vận hành từ trạm tự động	P4 · 10 lần · Cách tổ chức vận hành, không phải kiến trúc lực nâng.
22	**UAM**	Urban Air Mobility	Giao thông hàng không đô thị	P2 · 5 lần · Một phạm vi ứng dụng của AAM ở đô thị và vùng phụ cận.
23	**GA**	General Aviation	Hàng không chung	P1 · 6 lần · Thuật ngữ hàng không, không đồng nghĩa kinh tế không gian tầm thấp.
24	**Air taxi**	Air taxi	Dịch vụ taxi bay	P2 · 5 lần · Tên dịch vụ, không phải tên loại phương tiện.
25	**VLOS**	Visual Line of Sight	Bay trong tầm nhìn trực quan	P2 · 11 lần · Giữ liên tục khả năng quan sát bằng mắt không hỗ trợ của người điều khiển/quan sát phù hợp.
26	**BVLOS**	Beyond Visual Line of Sight	Bay ngoài tầm nhìn trực quan	P2 · 41 lần · Không phải trường hợp VLOS kéo dài khoảng cách; cần luận chứng an toàn khác.
27	**ATM**	Air Traffic Management	Quản lý không lưu	P2 · 7 lần · Hệ thống quản lý giao thông hàng không; khác UTM.

28	**UTM**	Unmanned Aircraft System Traffic Management	Quản lý giao thông tàu bay không người lái	P2 · 21 lần · Lớp quản lý/điều phối UAS; cần tương tác với ATM.
29	**U-space**	U-space airspace / U-space services	U-space; khung dịch vụ không phận dành cho UAS của EU	P4 · 13 lần · Tên riêng pháp lý của EU; không dịch thành tên cơ quan Việt Nam.
30	**Remote ID**	Remote Identification	Định danh từ xa	P2 · 10 lần · Nhận dạng phương tiện UAS từ xa; không đồng nghĩa ADS-B.
31	**C2**	Command and Control	Liên kết chỉ huy và điều khiển	P2 · 7 lần · Liên lạc giữa người/hệ thống điều khiển và UAV.
III. Cảm biến, dữ liệu, AI và hạ tầng số				
32	**Sensor**	Sensor	Cảm biến	P2 · 42 lần · Bộ phận ghi nhận đại lượng hoặc hiện tượng vật lý.
33	**LiDAR**	Light Detection and Ranging	Công nghệ đo khoảng cách bằng laser (LiDAR)	P2 · 9 lần · Cảm biến/khâu đo; dữ liệu point cloud không phải bản thân cảm biến.
34	**Point cloud**	Point cloud	Đám mây điểm	P2 · 7 lần · Tập điểm không gian ba chiều, có thể tạo từ LiDAR hoặc phương pháp khác.
35	**Thermography**	Thermography / Infrared thermography	Chụp ảnh nhiệt / đo ảnh nhiệt	P2 · 12 lần · Kết quả phụ thuộc độ phát xạ và điều kiện đo.
36	**AI**	Artificial Intelligence	Trí tuệ nhân tạo	P2 · 38 lần · Không đồng nhất dấu hiệu AI với kết luận chuyên môn.
37	**Interoperability**	Interoperability	Khả năng liên thông	P2 · 17 lần · Không chỉ kết nối thành công mà phải hiểu và xử lý dữ liệu thống nhất.

38	**QA/QC**	Quality Assurance / Quality Control	Bảo đảm chất lượng / kiểm soát chất lượng	P2 · 8 lần · QA là bảo đảm theo quy trình; QC là kiểm soát đầu ra.
39	**GSD**	Ground Sampling Distance	Độ phân giải mặt đất (GSD)	P2 · 5 lần · Kích thước thực tế trên mặt đất của một điểm ảnh.
40	**Gimbal**	Gimbal	Bộ ổn định camera (gimbal)	P4 · 9 lần · Giá treo giữ ổn định cảm biến khi phương tiện rung, nghiêng.
IV. An toàn, an ninh và kiểm soát chất lượng				
41	**Safety**	Safety	An toàn hoạt động bay	P2 · 4 lần · Hướng tới ngăn tai nạn/sự cố vô ý; phân biệt security.
42	**Security**	Security	An ninh hoạt động bay	P2 · 26 lần · Hướng tới nguy cơ cố ý xâm hại, phá hoại hoặc sử dụng sai mục đích.
43	**Hazard**	Hazard	Mối nguy	P2 · 5 lần · Nguồn hoặc điều kiện có thể gây hậu quả bất lợi.
44	**Risk**	Risk	Rủi ro	P2 · 137 lần · Tính đến xác suất và hậu quả; không đồng nghĩa mối nguy.
45	**Residual risk**	Residual risk	Rủi ro còn lại	P2 · 9 lần · Rủi ro tồn tại sau biện pháp kiểm soát.
46	**Redundancy**	Redundancy	Dự phòng kỹ thuật	P2 · 26 lần · Tạo khả năng chịu hỏng của thành phần quan trọng.
47	**Phát hiện và chế áp UAV**	Counter-Unmanned Aircraft System	Hệ thống phát hiện, ngăn chặn/chế áp UAV	P3 · 16 lần · Tên viết tắt quốc tế tương ứng: C-UAS. Biện pháp chế áp chịu giới hạn thẩm quyền pháp luật.
48	**Privacy**	Privacy	Quyền riêng tư	P2 · 17 lần · Phân biệt quyền riêng tư với bảo vệ dữ liệu cá nhân.

49	**Personal data**	Personal data	Dữ liệu cá nhân	P1 · 15 lần · Có phạm vi xác định bởi pháp luật Việt Nam đang áp dụng.
V. Mô hình kinh doanh, hợp đồng và đo lường				
50	**TCO**	Total Cost of Ownership	Tổng chi phí sở hữu	P2 · 4 lần · Tính chi phí toàn vòng đời, không chỉ giá mua.
51	**Chi phí đầu tư**	Capital Expenditure	Chi phí đầu tư vốn	P2 · 12 lần · Tên viết tắt quốc tế tương ứng: CAPEX. Phân biệt với chi phí vận hành OPEX.
52	**Chi phí vận hành**	Operating Expenditure	Chi phí vận hành	P2 · 6 lần · Tên viết tắt quốc tế tương ứng: OPEX. Chi phí duy trì dịch vụ/hoạt động theo thời gian.
53	**Payback period**	Payback period	Thời gian hoàn vốn	P2 · 6 lần · Không đồng nghĩa NPV dương hoặc dự án kinh tế hiệu quả.
54	**Business model**	Business model	Mô hình kinh doanh	P2 · 7 lần · Cơ chế tạo giá trị, cung cấp giá trị và thu tiền.
55	**Outcome-based contract**	Outcome-based contract	Hợp đồng trả tiền theo kết quả	P2 · 7 lần · Phải có tiêu chí đo lường và nghiệm thu kết quả.
VI. Tổ chức, cơ quan và chữ viết tắt tên riêng				
56	**FAA**	Federal Aviation Administration	Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ	P4 · 12 lần · Tên cơ quan Hoa Kỳ; không phải pháp luật Việt Nam.
57	**ICAO**	International Civil Aviation Organization	Tổ chức Hàng không dân dụng quốc tế	P4 · 7 lần · Cơ quan hàng không chuyên môn của Liên Hợp Quốc.

KINH TẾ KHÔNG GIAN TẦM THẤP

Từ UAV đến một không gian kinh tế mới

Không gian tầm thấp đang trở thành một miền kinh tế mới, nơi UAV không chỉ là công cụ bay mà là hạ tầng của dữ liệu, logistics, dịch vụ công và quản trị địa phương.

Cuốn sách này đi từ công nghệ đến thị trường, từ pháp lý đến mô hình kinh doanh, từ những nhiệm vụ bay đơn lẻ đến cách hình thành giá trị kinh tế thực sự. Trong tầm của sách không chỉ là bản thân phương tiện, mà là toàn bộ chuỗi tổ chức, vận hành, kiểm soát và thương mại hóa xoay quanh nó.

Với cách viết giàu tình huống, bám sát chính sách và thực tiễn, cuốn sách giúp người đọc nhìn rõ vì sao UAV có thể mở ra một không gian phát triển mới cho doanh nghiệp, địa phương và nền kinh tế.

- Công nghệ và hạ tầng
- Thị trường, pháp lý và mô hình kinh doanh
- Từ chuyến bay đến giá trị kinh tế



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ - TRUYỀN THÔNG

Người chịu trách nhiệm chính: Giám đốc - Tổng biên tập
TS. Trần Chí Đạt

Tầng 6, Cục Tần số Vô tuyến điện,
115 Trần Duy Hưng, Hà Nội

Email: nxb.khcntt@mst.gov.vn

Điện thoại: 024.35772145 - 024.35772138

Quét mã QR để xem thông tin tải sách PDF

Mã sách

8 935246 940716

Giá: 299.000 VNĐ