

สารบัญ

บทนำ

แนวปะการัง เมือง อินเทอร์เน็ต 7

I.

ความเป็นไปได้อันไกล 31

II.

เครือข่ายที่มีสถานะเป็นวงแหวน 53

III.

ลางสังหรณ์อันเชื่องช้า 77

IV.

การค้นพบโดยบังเอิญ 107

V.

ความผิดพลาด 143

VI.

การเปลี่ยนหน้าที่ของโครงสร้าง 165

VII.

รากฐาน 193

บทสรุป

ตารางช่องที่สี่ 233

ภาคผนวก

เรียงลำดับนวัตกรรมที่สำคัญ
ในช่วงปี 1400-2000 273

หมายเหตุ 321

ประวัติผู้เขียน 327

บทนำ

REEF, CITY, WEB

แนวปะการัง เมือง อินเทอร์เน็ต

...เมื่อจินตนาการก่อร่าง สร้างตัวตนให้สิ่งที่เคยไร้ตัวตน

ปากกาของกวีจักทำให้มันเป็นรูปเป็นร่าง

แลเสกความว่างเปล่าให้มีที่ทางและมีชื่อเสียงเรียงนาม

— เชกสเปียร์ (จากบทละครเรื่อง *A Midsummer Night's Dream*)

ความย้อนแย้งของดาร์วิน

ในวันที่ 4 เมษายน 1836 ทางซีกตะวันออกของมหาสมุทรอินเดียอันกว้างใหญ่ไพศาล ลมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูมรสุมเริ่มหัดทางให้กับวันเวลาอันแสนสงบของฤดูร้อน ในบริเวณหมู่เกาะคีลิงคือที่ตั้งของเกาะปะการังรูปวงแหวน (atoll) ขนาดเล็ก 2 เกาะซึ่งประกอบด้วยกองหินปะการัง 27 แห่ง หมู่เกาะนี้ตั้งอยู่ห่างจากเกาะสุมาตราไปทางตะวันตกเกือบพันกิโลเมตร น้ำทะเลสีมรกตทั้งอุ่นและสงบนิ่งจนน่าลงใจไปแหวกว่ายหาดทรายขาวระยับอันเกิดจากซากปะการังที่ผู้พังช่วยขบสีของน้ำทะเลให้เด่นชัดขึ้น ชายหาดด้านหนึ่งที่มีคลื่นซัดแรงนั้นสงบนิ่งเสียจนชาร์ลส์ ดาร์วิน สามารถเดินลุยน้ำลงไปถึงแนวปะการังมีชีวิตรังล้อมรอบเกาะ ภายใต้ท้องฟ้าสีครามอันไม่มีที่สิ้นสุดของเขตร้อน

เขายืนและเดินเล่นในน้ำเป็นชั่วโมง ๆ ท่ามกลางสิ่งมีชีวิตตามแนวปะการังที่พากันออกมาอวดโฉมจนแน่นขนัด ในตอนนั้นดาร์วินอายุ 27 ปี และอยู่ห่างจากลอนดอนร่วม 11,000 กิโลเมตร เขายืนอยู่บนยอดของภูเขา

ได้นำที่อยู่ลึกลงไปในทะเล และใกล้จะค้นพบแนวคิดเกี่ยวกับที่มาที่ไปของ ยอดเขาดังกล่าว ซึ่งในภายหลังแนวคิดนี้ได้กลายเป็นการค้นพบทาง วิทยาศาสตร์อันยิ่งใหญ่ครั้งแรกในชีวิตของเขา นอกจากนั้น เขายังได้เริ่ม สำรวจกลางสังหรณ์อีกอย่างซึ่งยังไม่เป็นรูปเป็นร่าง แต่สุดท้ายแล้วจะช่วยให้ เขาก้าวขึ้นสู่จุดสูงสุดของแวดวงวิชาการแห่งศตวรรษที่ 19

สิ่งมีชีวิตในแนวปะการังเคลื่อนที่ไปมาอย่างรวดเร็วและสะท้อนแสง เป็นประกายอยู่รอบตัวดาวรีน ความหลากหลายของพวกมันนับว่าน่า ตื่นตะลึงมาก เหล่าปลาผีเสื้อ ปลาสลิดหิน ปลานกแก้ว ปลานกขุนทอง หัวโหนก ปลาเทวดา และปลาทองทะเลกำลังกินแพลงตอนอยู่เหนือ ปะการังดอกกะหล่ำ แถมยังมีหอยเม่นและดอกไม้ทะเลจำนวนมากด้วย ดาวรีนรู้สึกตื่นตาตื่นใจกับภาพตรงหน้า ถึงอย่างนั้นสมองของเขาก็มีวแต่ ขบคิดเกี่ยวกับปริศนาอันลึกซึ้งที่อยู่เบื้องหลังสิ่งที่ตาของเขามองเห็น สี่ปี ต่อมาเขาได้ตีพิมพ์เรื่องราวการเดินทางไปกับเรือหลวงบีเกิลโดยเล่าว่า “ไม่ใช่เรื่องผิดอะไรที่จะรู้สึกตื่นเต้นกับสิ่งมีชีวิตจำนวนมากในทะเล เขตร้อนอันอุดมสมบูรณ์ แต่ผมต้องสารภาพว่าถ้อยคำนับพันที่เหล่า นักธรรมชาติวิทยาสรรหามาบรรยายความงามของโลกใต้ท้องทะเลอย่างที่เรา มักได้ยินอยู่บ่อย ๆ นั้นใช้ภาษาฟุ่มเฟือยเกินจริงไปสักหน่อย”

เรื่องที่ตราตรึงอยู่ในหัวของดาวรีนช่วงหลายสัปดาห์ถัดมาไม่ใช่ความ งามของโลกใต้ท้องทะเล แต่เป็นสิ่งมีชีวิต “จำนวนมากไม่ถ้วน” ต่างหาก บนพื้นดินของหมู่เกาะคีลิงมีพืชและสัตว์เพียงน้อยชนิด พืชนั้นอย่าง มากก็ มีแค่ต้นมะพร้าว ไลเคน และวัชพืช “ส่วนสัตว์บกมีน้อยยิ่งกว่าพืช เสียอีก” โดยมีแค่สัตว์เลื้อยคลานไม่กี่ชนิด นกป่าจำนวนเล็กน้อย และ ผู้อพยพหน้าใหม่อย่างหนูที่มากับเรือโดยสารจากทวีปยุโรป ดาวรีนจด บันทึกรด้วยความผิดหวังว่า “เกาะนี้มีแค่หนูที่เป็นสัตว์สี่เท้าท้องถิ่น”

อย่างไรก็ตาม ในผืนน้ำรอบแนวปะการังที่อยู่ห่างจากเกาะอันรกร้าง นี้เพียงไม่กี่เมตรกลับเต็มไปด้วยความหลากหลายทางชีวภาพที่มีแค่ป่าดงดิบ เท่านั้นที่จะเทียบเคียงได้ นี่คือนิเวศน์อันน่าฉงน ทำไมผืนน้ำที่รายล้อม

เกาะดังกล่าวจึงสามารถคำนวณสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกันได้มากถึงเพียงนี้ หากลองนำน้ำทะเลประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตรจากพื้นที่ใดก็ได้ของ มหาสมุทรอินเดียมาวิเคราะห์แล้วจลรายการสิ่งมีชีวิตที่พบ คุณจะเห็นว่า มัน “น้อยนิด” พอ ๆ กับสัตว์บนหมู่เกาะคิงส์ตันที่ดาร์วินกล่าวถึง ถ้า โชคดีคุณอาจจะเจอปลาฉลามชนิด แต่หากเป็นตามแนวปะการังก็มั่นใจ ได้เลยว่า คุณจะเจอสิ่งมีชีวิตนับพันชนิด ดาร์วินบอกว่าการค้นพบระบบ นิเวศแนวปะการังกลางมหาสมุทรนั้นเปรียบเหมือนการได้เจอไอเอสทีที่ เต็มไปด้วยฝูงสัตว์กลางทะเลทราย ปัจจุบันเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ความย้อนแย้งของดาร์วิน (Darwin’s paradox)” ซึ่งหมายถึงการที่สิ่งมีชีวิต หลายชนิดที่มีบทบาททางระบบนิเวศแตกต่างกันมาอาศัยอยู่ร่วมกันในน้ำ ที่มีสารอาหารน้อยมาก แนวปะการังกินพื้นที่เพียงไม่ถึง 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นผิวโลกทั้งหมด แต่กลับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของสัตว์น้ำทั้งหมดที่ถูกค้นพบ ดาร์วินไม่มีข้อมูลนี้อยู่ในมือตอนยื่นอยู่ ในทะเลเมื่อปี 1836 แต่เขาได้เห็นโลกมามากในช่วงสี่ปีที่ผ่านมา กับ เรือหลวงบีเกิล เขาจึงพอจะคาดการณ์ได้ว่าน้ำรอบแนวปะการังซึ่งเต็มไปด้วยสิ่งมีชีวิตต้องมีความพิเศษอะไรบางอย่าง

วันถัดมา ดาร์วินออกสำรวจเกาะปะการังรูปวงแหวนในฝั่งที่อยู่ เหนือลมพร้อมกับพลเรือโทเจมส์ พิตซ์รอย ซึ่งเป็นกัปตันของเรือหลวง บีเกิล พวกเขาได้เห็นคลื่นขนาดยักษ์ซัดสาดเข้าไปแนวปะการังสีขาว ผู้มาเยือนชาวยุโรปซึ่งคุ้นเคยกับผืนน้ำที่สงบนิ่งของช่องแคบอังกฤษหรือ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียนย่อมตื่นตาตื่นใจกับความสูงของคลื่น (ดาร์วินตั้งข้อ สันเกตว่ามันเกือบจะ “รุนแรงเท่ากับคลื่นเวลามีพายุในเขตอบอุ่นทีเดียว แถมยังซัดสาดอย่างแรงอยู่ตลอดเวลาด้วย”) ทว่าดาร์วินกลับสนใจประเด็น อื่นที่ไม่ใช่ความรุนแรงของคลื่น แต่เป็นสิ่งที่ต้านทานคลื่นยักษ์นั้นได้ ซึ่ง ก็คือบรรดาสัตว์มีชีวิตขนาดจิ๋วที่ก่อให้เกิดแนวปะการังขึ้นมา

มหาสมุทรที่ส่งคลื่นกระทบเข้าใส่แนวปะการังทอดยาวอาจดูเหมือนศัตรูที่ทรงพลังและไม่มีวันพ่ายแพ้ แต่เรากลับเห็นมันถูกต้านทานไว้ได้ และถึงขั้นยอมแพ้ให้กับสิ่งที่มองเผิน ๆ เหมือนจะอ่อนแอและไร้ประสิทธิภาพ นี่ไม่ได้หมายความว่ามหาสมุทรจะละเว้นแนวปะการัง เราได้จากซากปะการังขนาดใหญ่ที่กระจายเกลื่อนและถูกซัดขึ้นฝั่ง ต้นมะพร้าวสูงใหญ่ที่ลู่ไปตามแรงลมแสดงถึงพลังของคลื่นที่ไม่ยอมอ่อนข้อให้... แต่แนวปะการังที่ต่ำเตี้ยและดูไม่สำคัญใด ๆ กลับยังคงยืนหยัดและคว่ำชัยชนะในที่สุด นั่นเป็นเพราะมีพลังอื่นเข้าร่วมการต่อสู้ด้วย พลังธรรมชาติใช้ประโยชน์จากคลื่นที่แตกเป็นฟองโดยแยกอะตอมคาร์บอนออกจากหินปูนที่สะสมแล้วนำมารวมกันเป็นโครงสร้างที่สมมาตร พายุเฮอริเคนอาจทำลายปะการังขนาดใหญ่ได้นับพัน แต่มันไม่สามารถต่อสู้กับสถานีนิคมจำนวนมหาศาลที่ร่วมมือกันทำงานทั้งวันทั้งคืนอย่างไม่หยุดหย่อนติดต่อกันหลายเดือนได้

ดาร์วินสนใจสถาปนิกขนาดจิ๋วเหล่านั้น เพราะเขาเชื่อมั่นว่ามันเป็นกุญแจไขปริศนาที่นำพาเรือหลวงบีเกิดมายังหมู่เกาะคีลิง บันทึกของกองทัพเรืออังกฤษที่อนุมัติให้เรือลำนี้ออกเดินทางเป็นระยะเวลา 5 ปีได้ระบุเอาไว้ว่า หนึ่งในภารกิจหลักทางวิทยาศาสตร์คือการหาคำตอบเกี่ยวกับการก่อตัวของเกาะปะการังรูปวงแหวน ก่อนหน้านั้นชาร์ลส์ โลเอลล์ นักธรณีวิทยาผู้หลักแหลมและเป็นเหมือนครูของดาร์วินเคยตั้งสมมุติฐานว่า เกาะปะการังรูปวงแหวนเกิดจากภูเขาไฟใต้ทะเลที่ถูกดันให้สูงขึ้นมาโดยการเคลื่อนตัวอย่างรุนแรงของเปลือกโลก ทฤษฎีของโลเอลล์ระบุว่ารูปวงแหวนอันเป็นเอกลักษณ์นั้นเกิดจากกลุ่มปะการังที่ก่อตัวขึ้นตามเส้นรอบวงของปากปล่องภูเขาไฟ ดาร์วินเชื่อทฤษฎีดังกล่าว แต่เมื่อได้มายืนอยู่บนชายหาดแล้วมองดูคลื่นที่ซัดเข้าหาแนวปะการัง เขาก็ได้รู้ว่า

ครูของตัวเองคิดผิดเกี่ยวกับการก่อตัวของเกาะปะการังรูปวงแหวน เขาตระหนักว่านี่ไม่ใช่เรื่องของธรณีวิทยา แต่เป็นการยื่นหยัดและเดินหน้าอย่างสร้างสรรค์ของชีวิต ในขณะที่กำลังขบคิดเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวอยู่นั้น ดาร์วินยังขบคิดเกี่ยวกับเรื่องอื่นที่ในภายหลังจะกลายเป็นทฤษฎีอันยิ่งใหญ่และเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย ซึ่งสามารถอธิบายผลงานสุดสร้างสรรค์จำนวนมากของชีวิต นี่แสดงให้เห็นว่าสิ่งที่เคยไร้ตัวตนกำลังก่อตัวเป็นรูปเป็นร่างขึ้นมาอย่างช้า ๆ

หลายวันหลังจากนั้นดาร์วินก็กลับขึ้นเรือหลวงบีเกิล เขาหยิบสมุดบันทึกออกมา และนึกย้อนไปถึงการปะทะกันอันแสนตราตรึงใจระหว่างคลื่นกับปะการัง จากนั้นก็เขียนเนื้อหาที่จะได้รับการตีพิมพ์ในอีก 30 ปีให้หลังในหนังสืออันโด่งดังเรื่อง *On the Origin of Species* ว่า “ผมแทบอธิบายเหตุผลไม่ได้เลย แต่ลึก ๆ แล้วผมเชื่อว่าภาพวิวัฒนาการของชายฝั่งรอบนอกเกาะปะการังรูปวงแหวนเหล่านี้มีความยิ่งใหญ่ซ่อนอยู่” และเขาจะได้ค้นพบเหตุผลในท้ายที่สุด

เมื่อเมืองเติบโตอย่างวิเศษ

นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิสชื่อแมกซ์ ไคลเบอร์ ซึ่งชอบการทำทนายธรรมเนียมปฏิบัติมาตั้งแต่อายุยังน้อย ขณะเป็นนักศึกษาปริญญาตรีที่เมืองซูริกในสวิตเซอร์แลนด์เมื่อช่วงทศวรรษที่ 1910 เขามักใส่รองเท้าแตะเดินไปตามถนนและใส่เสื้อโดยไม่ติดกระดุมเม็ดบนซึ่งนับเป็นเรื่องน่าตกตะลึงในยุคนั้น ต่อมาเมื่อได้เข้าประจำการในกองทัพ เขาก็ค้นพบว่าเหล่าผู้บังคับบัญชาแอบแลกเปลี่ยนข้อมูลกับฝ่ายเยอรมันทั้งที่สวิตเซอร์แลนด์ประกาศวางตัวเป็นกลางในสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง ด้วยความรังเกียจเขาจึงไม่มาปรากฏตัวเมื่อถูกเรียกตัวครั้งถัดไป จนท้ายที่สุดก็ถูกจำคุกเป็นเวลาหลายเดือน พอถึงเวลาที่ไคลเบอร์ได้ทำงานในแวดวงวิทยาศาสตร์การเกษตร เขาก็

หมดความอดทนกับข้อจำกัดทางสังคมทั้งหลายในเมืองซูริก จึงตัดสินใจย้ายไปอยู่รัฐแคลิฟอร์เนียของสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นเส้นทางที่จะมีคนเดินตามรอยเขามากมายในหมู่ผู้ประท้วงต่อต้านสงครามที่ใส่รองเท้าแตะตลอดเวลาและไม่ชอบทำตามกระแสตลอดระยะเวลาหลายสิบปีหลังจากนั้น

ไคลเบอร์ทำงานที่วิทยาลัยการเกษตรของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เดวิส ซึ่งตั้งอยู่ใจกลางหุบเขาเซ็นทรัลวัลเลย์อันอุดมสมบูรณ์ เดิมที่เขามุ่งเน้นไปที่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปศุสัตว์ โดยพยายามประเมินผลกระทบที่ขนาดตัวของสัตว์มีต่ออัตราการเผาผลาญ ซึ่งก็คือความเร็วในการใช้พลังงานของสิ่งมีชีวิต การประเมินนี้มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมปศุสัตว์เป็นอย่างมาก เพราะมันช่วยให้เกษตรกรสามารถคาดการณ์ได้ค่อนข้างแม่นยำว่าปศุสัตว์ของพวกเขาต้องการอาหารมากแค่ไหน และจะให้ผลผลิตเป็นเนื้อสัตว์ในปริมาณเท่าใดหลังจากถูกฆ่า ไม่นานหลังจากไคลเบอร์ย้ายมาที่เมืองเดวิส เขาได้ค้นพบแบบแผนอันน่าฉงนในงานวิจัยของตัวเองโดยบังเอิญ ซึ่งนับเป็นความแปลกประหลาดทางคณิตศาสตร์ที่ทำให้เขาต้องรับนำสัตว์อีกหลายประเภทมาศึกษาในห้องทดลอง ไม่ว่าจะเป็นหนู นกเขา นกพิราบ สุนัข หรือแม้แต่มนุษย์

นักวิทยาศาสตร์และบรรดาคณกรักสัตว์ตั้งข้อสงสัยกันมานานแล้วว่า ยิ่งสิ่งมีชีวิตมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าไรก็จะยิ่งแข็งแรงขึ้นเท่านั้น แม้ลงวันมีอายุขัยเพียงไม่กี่วันในขณะที่ช้างมีอายุยืนยาวได้ถึงครึ่งศตวรรษ ส่วนหัวใจของนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กสามารถสูบฉีดเลือดได้เร็วกว่าหัวใจของยีราฟหรือวาฬสีน้ำเงินมากนัก อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับความเร็วดูจะไม่ได้แปรผันตรงตามสัดส่วนเสมอไป ม้าอาจหนักกว่ากระต่าย 500 เท่า แต่ชีพจรของมันไม่มีทางเต้นช้ากว่ากระต่ายถึง 500 เท่าอย่างแน่นอน หลังจากเก็บข้อมูลจำนวนมากในห้องทดลองด้วยความยากลำบาก ไคลเบอร์ก็ค้นพบว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่ง นั่นคือ “อัตราการเผาผลาญมีค่าเท่ากับ $\frac{3}{4}$ ของมวลร่างกาย (negative quarter-power scaling)” ซึ่งใน

ภายหลังถูกเรียกว่ากฎของโคลเบอ์ โดยหากนำมวลร่างกายกับอัตราการเผาผลาญไปเขียนเป็นแผนภูมิที่ใช้แกนเป็นลอการิทึมฐานสิบ คุณจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นเส้นตรงที่ลากตั้งแต่หนูกับนกพิราบไปจนถึงวัวตัวผู้กับฮิปโป

บรรดานักฟิสิกส์ล้วนคุ้นเคยกับการค้นพบสมการอันแสนงดงามทำนองนี้ซึ่งซ่อนอยู่เบื้องหลังปรากฏการณ์ที่พวกเขากำลังศึกษาอยู่ แต่สมการแบบนั้นกลับพบเจอได้ยากมากในโลกชีววิทยาอันแสนยุ่งเหยิง อย่างไรก็ตาม ยิ่งโคลเบอ์กับทีมงานวิเคราะห์สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มากเท่าไรพวกเขาก็ยิ่งพบเจอหลักฐานเกี่ยวกับสมการดังกล่าวมากขึ้น กล่าวคืออัตราการเผาผลาญมักมีค่าเท่ากับ $\frac{3}{4}$ ของมวลร่างกาย หลักการคำนวณของสมการนี้พบว่าเรียบง่ายมาก คุณต้องทำการถอดรากที่สองของ 1,000 ซึ่งจะได้ 31 (โดยประมาณ) แล้วจัดการถอดรากที่สองของ 31 ซึ่งผลลัพธ์คือ 5.5 (โดยประมาณอีกเช่นกัน) นี่หมายความว่าวัวตัวหนึ่งซึ่งหนักกว่าตัววัวตัวชักราว 1,000 เท่าจะมีอายุยืนยาวกว่าตัววัวตัวชักราว 5.5 เท่าโดยเฉลี่ย รวมถึงมีอัตราการเต้นของหัวใจช้ากว่า 5.5 เท่าด้วย นักเขียนที่เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์อย่างจอร์จ จอห์นสัน เคยตั้งข้อสังเกตไว้ว่าบทเรียนหนึ่งที่ได้จากกฎของโคลเบอ์คือจำนวนครั้งของการเต้นของหัวใจตลอดอายุขัยมักคงที่เสมอไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด หัวใจของสัตว์ขนาดใหญ่กว่าเพียงแค่วางตัวนานกว่าเพื่อเต้นให้ครบจำนวนเท่านั้นเอง

ตลอดระยะเวลาหลายสิบปีถัดมา กฎของโคลเบอ์ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับอัตราการเผาผลาญของสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าอย่างแบคทีเรียหรือเซลล์ นอกจากนี้ เรายังค้นพบอีกด้วยว่าแม้แต่แบบแผนการเจริญเติบโตของพืชก็เป็นไปตามกฎนี้เช่นกัน เรียกได้ว่าไม่ว่าสิ่งมีชีวิตจะปรากฏขึ้นที่ใด ไม่ว่าพวกมันจะเสาะหาหนทางในการใช้และถ่ายเทพลังงานไปทั่วร่างกายได้เมื่อไหร่ กฎของโคลเบอ์จะเข้าครอบงำรูปแบบการวิวัฒนาการอยู่เสมอ

เมื่อหลายปีก่อน นักฟิสิกส์ทฤษฎีชื่อเจฟฟรีย์ เวสต์ ได้ตัดสินใจที่จะหาคำตอบว่ากฎของไคลเบอร์จะสามารถปรับใช้กับหนึ่งในผลงานสร้างสรรค์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุดอย่างเมืองของมนุษย์ได้หรือไม่ เมืองเหล่านี้มีฐานะเป็นซูเปอร์ออร์แกนนิซึม (superorganism) หรือการรวมตัวกันของสิ่งมีชีวิตประเภทเดียวกันที่มีการแบ่งงานกันและไม่สามารถอยู่รอดตามลำพังได้นานนัก เวสต์สงสัยว่า “อัตราการเผาผลาญ” ของชีวิตในเมืองจะช้าลงหรือไม่หากเมืองมีขนาดใหญ่ขึ้น แล้วระบบต่าง ๆ ในเมืองมีแบบแผนการเติบโตและการดำเนินชีวิตหรือไม่ เขาลงมือศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ที่สถาบันซานตาเฟ (ซึ่งเขาดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการจนถึงปี 2009) โดยรวบรวมทีมนักวิจัยและที่ปรึกษาจากประเทศต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูลทางสถิติในเมืองหลายสิบแห่งทั่วโลก พวกเขารวบรวมข้อมูลทางสถิติทุกประเภทไว้ตั้งแต่อัตราการเกิดอาชญากรรมไปจนถึงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในครัวเรือน หรือตั้งแต่จำนวนผู้ป่วยใหม่ไปจนถึงยอดขายน้ำมันเชื้อเพลิง

เมื่อเวสต์และทีมงานลงมือวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเหล่านั้น พวกเขา ก็ปลื้มปริ่มสุด ๆ ที่ได้ค้นพบว่ากฎของไคลเบอร์ครอบคลุมถึงการเติบโตของการใช้พลังงานและระบบคมนาคมขนส่งที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตในเมืองด้วย ทั้งจำนวนสถานีบริการน้ำมัน ยอดขายน้ำมันเชื้อเพลิง พื้นที่ถนน และความยาวของสายไฟฟ้าล้วนเป็นไปตามกฎเดียวกันกับที่อยู่เบื้องหลังความเร็วในการใช้พลังงานของสิ่งมีชีวิต หากเรามองว่าข้างเป็นเพียงหนูที่ตัวใหญ่กว่าเดิม เมืองก็อาจเป็นข้างที่ตัวใหญ่กว่าเดิมเช่นกัน หากมองในแง่ของการใช้พลังงาน

อย่างไรก็ตาม การค้นพบที่น่าตื่นตะลึงที่สุดในงานวิจัยของเวสต์ กลับเป็นข้อมูลที่ไม่ได้เป็นไปตามกฎของไคลเบอร์ เวสต์และทีมงานค้นพบกฎอันตรงพลังอีกข้อที่อยู่เบื้องหลังข้อมูลทางสถิติจำนวนมากของเมืองถึงแม้ข้อมูลทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจะปฏิบัติตามกฎของไคลเบอร์ (เช่น สิทธิบัตร งบประมาณด้านการวิจัยและ

พัฒนา อาชีพที่ “ใช้ความคิดสร้างสรรค์มากกว่าปกติ” และผู้สร้างนวัตกรรม) แต่กลับมีความแตกต่างที่สำคัญอย่างหนึ่ง นั่นคือ มันแปรผันตามมวลน้ำหนักแทนที่จะแปรผกผัน นี่หมายความว่าเมืองที่มีขนาดใหญ่กว่าเมืองข้างเคียง 10 เท่าไม่ได้มีความคิดสร้างสรรค์มากกว่า 10 เท่า แต่มีมากกว่าถึง 17 เท่า ส่วนเมืองที่มีขนาดใหญ่กว่าเมืองอื่น 50 เท่ามีความคิดสร้างสรรค์มากกว่าถึง 130 เท่าเลยทีเดียว

กฎของโคลเบอรัฟพิสูจน์ให้เห็นว่ายิ่งสิ่งมีชีวิตมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าไรก็จะยิ่งเชื่อมโยงซึ้งกัน ส่วนทฤษฎีของเวสต์แสดงให้เห็นว่าเมืองที่สร้างขึ้นโดยมนุษย์มีแบบแผนที่แตกต่างจากสิ่งมีชีวิตในประเด็นที่สำคัญอย่างหนึ่ง นั่นคือ ยิ่งเมืองมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าไรก็จะยิ่งผูกความคิดได้รวดเร็วขึ้นเท่านั้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวได้รับการขนานนามว่า “การเติบโตอย่างทวีคูณ” ถ้าความคิดสร้างสรรค์แปรผันตามขนาดของเมือง นั่นหมายความว่าสิทธิบัตรและนวัตกรรมจะมีจำนวนมากขึ้นในเมืองที่มีขนาดใหญ่กว่า แต่อัตราส่วนระหว่างสิทธิบัตรและนวัตกรรมต่อประชากรหนึ่งคนกลับคงที่ อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีของเวสต์นำเสนอประเด็นที่น่าสนใจว่า นั่นมาก นั่นคือ ถึงแม้จะใช้ชีวิตท่ามกลางสิ่งรบกวน ความแออัด และสิ่งที่คอยรบกวนสมาธิ แต่คนที่อาศัยอยู่ในเมืองที่มีประชากรทั้งหมด 5 ล้านคนจะมีความคิดสร้างสรรค์มากกว่าเกือบ 3 เท่าเมื่อเทียบกับคนที่อาศัยอยู่ในเมืองที่มีประชากร 100,000 คน เจน เจคอบส์ เขียนไว้เมื่อเกือบ 50 ปีที่แล้วว่า “มหานครไม่ได้เป็นแค่เมืองที่ขนาดใหญ่ขึ้นเท่านั้น” ส่วนทฤษฎีของเวสต์ก็พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่าแนวคิดของเจคอบส์เป็นจริงในทางคณิตศาสตร์ บัจจุบันบางอย่างในสภาพแวดล้อมของเมืองใหญ่ทำให้ประชากรในเมืองมีความคิดสร้างสรรค์มากกว่าประชากรในเมืองที่มีขนาดเล็กกว่าอย่างเห็นได้ชัด แล้วปัจจุบันที่ว่าคืออะไรละ

กฎ 10/10

รายการโทรทัศน์แบบมีสีออกอากาศครั้งแรกในวันที่ 1 มกราคม 1954 ตอนนั้นสถานีโทรทัศน์เอ็นบีซีได้แพร่ภาพขบวนพาเหรดประจำปีซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการแข่งขันอเมริกันฟุตบอลรายการโรสโบวล์ รายการดังกล่าวกินเวลา 1 ชั่วโมงและแพร่ภาพไป 22 เมืองทั่วสหรัฐอเมริกา สำหรับคนที่โชคดีพอจะได้รับชม ภาพเคลื่อนไหวที่มีสีสันบนหน้าจอโทรทัศน์ขนาดเล็กย่อม่าตื่นตาตื่นใจสุด ๆ หนังสือพิมพ์เดอะ นิวยอร์ก ไทมส์ เขียนบรรยายโดยใช้ภาษาแบบหนังสือพิมพ์ว่า สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นเหมือน “กลุ่มก้อนของสีสันซึ่งมีความลึกซึ้งอย่างแท้จริง” ทั้งยังระบุเพิ่มเติมว่า “การบีบอัดข้อมูลที่มีสีสันขนาดนี้เข้าไปในหน้าจอดีก็ถือเป็นเรื่องยากมากแม้กระทั่งสำหรับศิลปินเปี่ยมพรสวรรค์ที่กำลังวาด ‘ภาพนิ่ง’ การทำแบบนี้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งออกมาเป็นภาพเคลื่อนไหวจึงดูเหมือนเป็นเวทมนตร์ลึกลับ” อย่างไรก็ตาม รายการดังกล่าวไม่ได้ “ถูกเผยแพร่” ให้ทุกคนได้รับชม เพราะมันต้องรับชมผ่านทางโทรทัศน์รุ่นต้นแบบซึ่งตั้งอยู่ในห้องแสดงสินค้าของบริษัทเอเอทีเอ็น เราต้องรอจนกระทั่งช่วงปลายทศวรรษที่ 1960 กว่ารายการโทรทัศน์แบบมีสีจะกลายเป็นมาตรฐานของรายการที่ออกอากาศช่วงไพรม์ไทม์ นอกจากนี้ แม้จะมีรายการโทรทัศน์แบบมีสีแล้ว แต่องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เป็นส่วนสำคัญของภาพในจอโทรทัศน์ก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปอีกหลายทศวรรษ ถึงแม้ระบบส่งสัญญาณภาพจะมีความหลากหลายมากขึ้นเมื่อวิดีโอและเคเบิลทีวีถือกำเนิดขึ้นในช่วงปลายทศวรรษที่ 1970 แต่ภาพที่ผู้คนได้รับชมจากโทรทัศน์ก็ยังเป็นแบบเดิม

ในช่วงกลางทศวรรษที่ 1980 ผู้บริหารที่ทรงอิทธิพลในแวดวงสื่อและเทคโนโลยี รวมถึงนักการเมืองที่มีวิสัยทัศน์จำนวนหนึ่งได้ผุดความคิดว่าถึงเวลาปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ฉายผ่านหน้าจอตีทัศน์เสียที พวกเขากล่าวสุนทรพจน์ จัดตั้งคณะกรรมการ และสร้างตัวต้นแบบขึ้นมา แต่ก็ต้องรอจนกระทั่งวันที่ 23 กรกฎาคม 1996 กว่าจะมีการแพร่ภาพด้วย

สัญญาฉบับแบบเอสดีเป็นครั้งแรกโดยบริษัทในเครือของสถานีโทรทัศน์ซีบีเอส ซึ่งตั้งอยู่ที่เมืองราเลห์ รัฐนอร์ทแคโรไลนา อย่างไรก็ตาม คนทั่วไปกลับไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถรับชม “เวทมนตร์” ครั้งนี้ได้เช่นเดียวกับการแพร่ภาพ ขบวนการพายุในการแข่งขันอเมริกันฟุตบอลรายการโรสโบวล์ สถานีโทรทัศน์ จำนวนหยิบมือหนึ่งเริ่มแพร่ภาพด้วยสัญญาฉบับแบบเอสดีในปี 1999 แต่ ต้องใช้เวลาอีก 5 ปีกว่าโทรทัศน์ระบบเอสดีจะกลายเป็นสิ่งที่แพร่หลายใน หมู่ประชาชนทั่วไป ถึงแม้คณะกรรมการการสื่อสารส่วนกลางจะกำหนด ให้เลิกเผยแพร่สัญญาโทรทัศน์แบบอะนาล็อกในวันที่ 12 มิถุนายน 2009 แต่เมื่อถึงวันดังกล่าวก็ยังมีครัวเรือนมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ในสหรัฐอเมริกา ที่ครอบครองโทรทัศน์รุ่นเก่าซึ่งจะไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

ข้อเท็จจริงอย่างหนึ่งของยุคปัจจุบันก็คือ เราอาศัยอยู่ในช่วงเวลา ที่เทคโนโลยีพัฒนาอย่างเร่งรีบ ความคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้นตลอดเวลา และ เว้นระยะห่างระหว่างกันน้อยลงเรื่อย ๆ การพัฒนาอย่างเร่งรีบนี้ไม่เพียง หมายถึงผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างฉับพลันทันที แต่ยัง สะท้อนให้เห็นถึงการที่ผู้คนเต็มใจมากขึ้นที่จะอำนวยอุปกรณ์แปลกใหม่ และใช้งานมัน นี่แสดงให้เห็นว่าคลื่นซัดเข้าฝั่งถี่ขึ้น และผู้คนจำนวนมาก ขึ้นก็กลายเป็นนักโต้คลื่นที่เชี่ยวชาญ พวกเขาถอนบนกระดานโต้คลื่นแล้ว พายออกไปยังทะเลเพื่อเผชิญกับคลื่นที่กำลังก่อตัวสูง อย่างไรก็ตาม เรื่องราวเกี่ยวกับโทรทัศน์ระบบเอสดีกลับแสดงให้เห็นว่าความเร่งรีบเช่นนี้ ไม่ใช่สิ่งที่พบเห็นได้ทั่วไป หากคุณสำรวจว่าเทคโนโลยีใหม่ ๆ สามารถ สร้างความคืบหน้าจากการเป็นความคิดตั้งต้นไปสู่การมีผู้ใช้อย่างแพร่หลาย ได้รวดเร็วเพียงใด คุณจะพบว่าโทรทัศน์ระบบเอสดีสร้างความคืบหน้าได้ เร็วพอ ๆ กับโทรทัศน์สีซึ่งถือกำเนิดขึ้นเมื่อสี่ทศวรรษก่อนหน้านั้น โทรทัศน์สี ใช้เวลาถึง 10 ปีกว่าจะขยับจากผลิตภัณฑ์นอกกระแสไปเป็นผลิตภัณฑ์ กระแสหลัก หลังจากนั้นอีกสองชั่วอายุคนโทรทัศน์ระบบเอสดีก็ใช้เวลา นานพอ ๆ กันกว่าจะประสบความสำเร็จในวงกว้าง

อันที่จริงหากคุณมองภาพรวมของศตวรรษที่ 20 คุณจะพบว่าความสำเร็จในวงกว้างของระบบบางอย่างใช้เวลายาวนานพอ ๆ กันอย่างพอดิบพอตีจนน่าขนลุก สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ถูกเรียกว่า “กฎ 10/10” กล่าวคือระบบหนึ่ง ๆ ต้องใช้เวลาหนึ่งทศวรรษในการสร้าง และใช้เวลาอีกหนึ่งทศวรรษกว่าจะได้รับการยอมรับจากผู้คน เทคโนโลยีสำหรับส่งสัญญาณวิทยุแบบความถี่คงที่ (หรือที่เราเรียกกันว่าวิทยุระบบเอเอ็ม) เกิดขึ้นในช่วงทศวรรษแรกของศตวรรษที่ 20 แต่สถานีวิทยุระบบเอเอ็มเชิงพาณิชย์เริ่มออกอากาศเป็นครั้งแรกในปี 1920 และแพร่หลายไปสู่ทุกครัวเรือนในสหรัฐอเมริกาในช่วงปลายทศวรรษที่ 1920 ในทำนองเดียวกัน บริษัทไซน์เริ่มศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเครื่องเล่นวีดีโอสำหรับผู้บริโภคทั่วไปในปี 1969 แต่ต้องใช้เวลาอีก 7 ปีกว่าจะเริ่มวางจำหน่ายเบต้าแมกซ์เป็นครั้งแรก เกมเครื่องเล่นวีดีโอก็ไม่ได้กลายเป็นอุปกรณ์ที่ทุกครอบครัวต้องมีจนกระทั่งช่วงกลางทศวรรษที่ 1980 ส่วนเครื่องเล่นดีวีดีมาแทนเครื่องเล่นวีดีโอตามบ้านเรือนของชาวอเมริกันในปี 2006 หรือ 9 ปีหลังจากเครื่องเล่นดีวีดีวางจำหน่ายในตลาดเป็นครั้งแรก ไม่ว่าจะเป็้นโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือระบบบีทีเอสก็ล้วนใช้เวลาใกล้เคียงกันนับตั้งแต่ถูกคิดค้นขึ้นมาจนกระทั่งได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย

คราวนี้ลองมาพิจารณากรณีที่แตกต่างกัน นั่นคือเรื่องราวของซัด แฮอร์ลีย์ สตีฟ จีน และจาเวด การ์มิม ทั้งสามคนเป็นอดีตพนักงานของเว็บไซต์สำหรับชำระเงินออนไลน์อย่างเพย์พาล ในช่วงต้นปี 2005 พวกเขาตัดสินใจว่าอินเทอร์เน็ตพร้อมสำหรับการปรับปรุงการนำเสนอคลิกวิดีโอและเสียงแล้ว แน่แน่นอนว่าคลิกวิดีโอไม่ใช่ส่วนประกอบดั้งเดิมของอินเทอร์เน็ต ซึ่งถือกำเนิดขึ้น 15 ปีก่อนหน้านั้นในฐานะระบบสำหรับให้นักวิชาการทั้งหลายแบ่งปันข้อมูลที่อยู่ในรูปของไฮเปอร์เท็กซ์ แต่เมื่อเวลาผ่านไปคลิกวิดีโอก็เริ่มเข้ามามีบทบาทในโลกออนไลน์ ซึ่งต้องขอบคุณระบบใหม่ ๆ ที่เพิ่งถือกำเนิดขึ้นสำหรับการเล่นคลิกวิดีโอ เช่น ควิกไทน์ แฟลช และวินโดวส์มีเดียเพลเยอร์ อย่างไรก็ตาม เครื่องมือที่ช่วยให้ผู้คน

อัฟโพลด์และแบ่งปันคลิปวิดีโอในอินเทอร์เน็ตยังใช้งานได้ยากเกินไปสำหรับผู้ใช้ส่วนใหญ่ เฮอริลีย์ เฉิน และการริเริ่มจึงสร้างตัวต้นแบบอย่างคร่าว ๆ ในรูปของบริการที่จะช่วยอุดข้อด้อยทั้งหลายของระบบที่มีอยู่ในขณะนั้น โดยมีเงินจากการระดมทุนไม่ถึง 10 ล้านดอลลาร์และจ้างพนักงานประมาณ 20 กว่าคน จากนั้นพวกเขาก็เปิดตัวยูทูบ ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่จะพลิกโฉมการแบ่งปันข้อมูลที่อยู่ในรูปของวิดีโอออนไลน์ ภายในเวลา 16 เดือนหลังจากเปิดตัว ยูทูบก็ได้เผยแพร่วิดีโอมากกว่า 30 ล้านคลิปต่อวัน และกลายเป็นหนึ่งในสิบเว็บไซต์ที่มีผู้เยี่ยมชมมากที่สุดภายในเวลา 2 ปี ก่อนที่เฮอริลีย์ เฉิน และการริเริ่มจะหยุดความคิดเกี่ยวกับบริษัทตั้งใหม่ของพวกเขา คลิปวิดีโอบนอินเทอร์เน็ตเป็นสิ่งที่หาได้ยากพอ ๆ กับคำบรรยายใต้ภาพบนหน้าจอโทรทัศน์ ในยุคนั้นอินเทอร์เน็ตเต็มไปด้วยตัวหนังสือ และนาน ๆ ครั้งอาจมีการอัฟโพลด์ภาพบ้าง แต่ยูทูบทำให้คลิปวิดีโอได้รับความนิยมบนอินเทอร์เน็ต

คราวนี้ลองพิจารณาว่าความคิดทั้งสองอย่างข้างต้น (ซึ่งก็คือโทรทัศน์ระบบเอชดีและยูทูบ) ได้เปลี่ยนแปลงกฎเกณฑ์พื้นฐานของระบบที่เกี่ยวข้องอย่างไรบ้าง การเปลี่ยนจากระบบอะนาล็อกไปเป็นระบบเอชดีถือเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ ไม่ใช่ด้านประเภทการใช้งาน ถึงแม้โทรทัศน์จะมีความละเอียดของจอภาพมากขึ้น เสี่ยงคมชัดกว่าเดิม และสีสดชัดเจนยิ่งขึ้น แต่คุณก็ยังรับชมโทรทัศน์ระบบเอชดีด้วยวิธีเดียวกับที่พวกเขาชมโทรทัศน์ระบบอะนาล็อก กล่าวคือ พวกเขาเลือกช่องที่ต้องการ จากนั้นก็เอนหลังและรับชมรายการ ในทางกลับกัน ยูทูบเปลี่ยนกฎเกณฑ์พื้นฐานของสื่อต่าง ๆ ไปโดยสิ้นเชิง มันไม่เพียงทำให้การรับชมคลิปวิดีโอบนอินเทอร์เน็ตได้รับความนิยมในวงกว้างเท่านั้น แต่ยังทำลายข้อจำกัดของการต้องนั่งรับชมรายการอยู่หน้าจอโทรทัศน์ด้วย แคมคุณยังสามารถอัฟโพลด์คลิปวิดีโอของตัวเอง แนะนำหรือให้คะแนนคลิปวิดีโอของคนอื่น และพูดคุยเกี่ยวกับมัน นอกจากนี้ แคมคดียังบอร์ดไม่ก็ครั้งคลิปวิดีโอที่ปรากฏอยู่บนเว็บไซต์ของคนอื่นก็จะมาไต่ลบนเว็บไซต์ของคุณ

แล้ว เทคโนโลยีของยูทูปเปิดโอกาสให้คนทั่วไปที่มีความกระตือรือร้นสามารถสร้างสถานีโทรทัศน์ส่วนตัวของตัวเองขึ้นมาได้ ด้วยการนำคลิปวิดีโอจากทั่วโลกมาร้อยเรียงเข้าด้วยกัน

บางคนอาจมองว่าทั้งหมดนี้เป็นเพียงเรื่องของซอฟต์แวร์ ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วมีความยืดหยุ่นมากกว่าฮาร์ดแวร์อย่างโทรทัศน์หรือโทรศัพท์มือถือ แต่ก่อนที่อินเทอร์เน็ตจะได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในช่วงกลางทศวรรษที่ 1990 ความก้าวหน้าของซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ล้วนเป็นไปตามกฎ 10/10 เหมือนกับเทคโนโลยีอื่น ๆ ในศตวรรษที่ 20 ตัวอย่างเช่น ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้มีต้นกำเนิดมาจากการสาธิตเทคโนโลยีอันโด่งดังของนักวิทยาการคอมพิวเตอร์รุ่นบุกเบิกชื่อดักลาส เองเกลบาร์ต ในปี 1968 ส่วนองค์ประกอบหลักต่าง ๆ (เช่น รูปแบบการแสดงผลบนหน้าจอที่พบเห็นได้ทั่วไปในปัจจุบัน) ถูกคิดค้นขึ้นโดยนักวิจัยที่ศูนย์วิจัยพาร์คของบริษัทซีร็อกซ์ในช่วงทศวรรษที่ 1970 แต่กว่าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้อันสมบูรณ์จะถูกวางจำหน่ายเป็นครั้งแรกก็ต้องรอจนกระทั่งปี 1981 โดยอยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์ที่ชื่อซีร็อกซ์ สตาร์ ตามมาด้วยแมคอินทอชในปี 1984 ซึ่งถือเป็นครั้งแรกที่ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ได้กลายเป็นกระแส (ถึงแม้จะยังคงเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะกลุ่มอยู่ก็ตาม) ถึงอย่างนั้นก็ต้องรอจนกว่าการเปิดตัววินโดวส์ 3.0 ในปี 1990 (หรือเกือบ 10 ปีหลังจากซีร็อกซ์ สตาร์ วางจำหน่าย) ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้จึงจะกลายเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ทั่วไป แบบแผนเดียวกันนี้ยังปรากฏในประวัติศาสตร์การคิดค้นซอฟต์แวร์ประเภทอื่น ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมจัดทำเอกสาร โปรแกรมตารางข้อมูล หรือโปรแกรมอีเมล ถึงแม้ซอฟต์แวร์เหล่านี้จะประกอบขึ้นจากหน่วยความจำเป็นบิต แทนที่จะเป็นอะตอมซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของสสาร แต่มันก็ใช้เวลานานเช่นเดียวกับที่กว่าโทรทัศน์ระบบเอชดีจะแปรเปลี่ยนจากความคิดไปเป็นสิ่งที่ประสบความสำเร็จอย่างแพร่หลาย