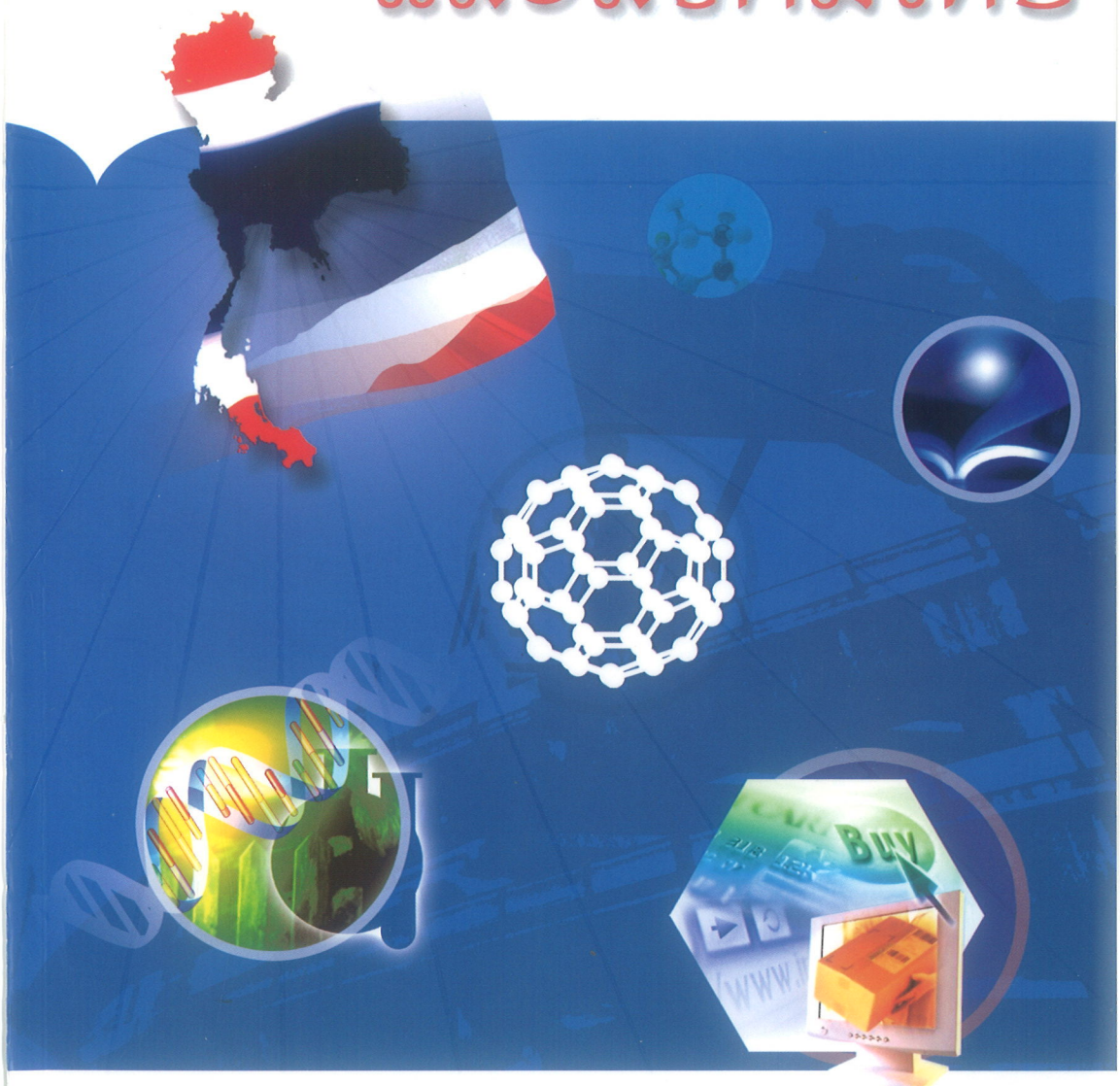
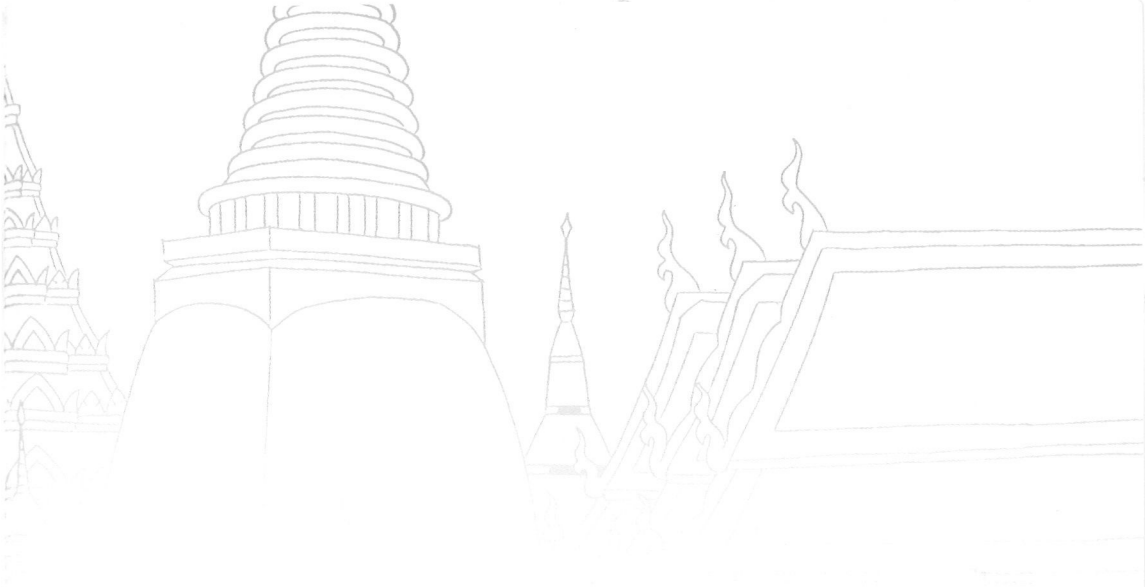
บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในสังคมไทย

ยีน นาโนเทค ไอที และสังคมไทย



บรรณาธิการ
ยงยุทธ ยุทธวงศ์
ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์

ISBN 974-93987-9-3



บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในสังคมไทย

ยีน นาโนเทค ไอทีและสังคมไทย

บรรณาธิการ

ยงยุทธ ยุทธวงศ์

ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์

ISBN 974-93987-9-3

บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในสังคมไทย: ยีน นาโนเทค ไอที และสังคมไทย

บรรณาธิการ: ยงยุทธ ยุทธวงศ์
ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์

เจ้าของ: มูลนิธิบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

พิมพ์ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2549

จำนวนพิมพ์ 2,000 เล่ม

ราคา 120 บาท

ISBN 974-93987-9-3

สงวนลิขสิทธิ์ © ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2549

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในสังคมไทย: ยีน นาโนเทค ไอที และสังคมไทย; บรรณาธิการ ยงยุทธ ยุทธวงศ์ และประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์. กรุงเทพฯ: มูลนิธิบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2549. 143 หน้า: 15.5 ซม.

1. ยีน. 2. เทคโนโลยีสารสนเทศ-ไทย 3. นาโนเทคโนโลยี-ไทย. 4. วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี.

620.5บ126

ผลิต ออกแบบและสร้างสรรค์
งานนิเทศสัมพันธ์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 0 2564 7000 โทรสาร 0 2564 7004
http://www.nstda.or.th/cyberbookstore

คำนิยม

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มีความภูมิใจที่ได้ร่วมสนับสนุนมูลนิธิบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.) ในการจัดพิมพ์หนังสือเรื่อง ***"บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในสังคมไทย: ยีน นาโนเทค ไอทีและสังคมไทย"*** ที่เป็นผลมาจากการสัมมนาและนิทรรศการที่ บวท. ได้จัดร่วมกับสยามสมาคมในพระบรมราชูปถัมภ์ ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีใหม่ดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีที่จะมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ กล่าวคือ ในด้านเศรษฐกิจก็มีอุตสาหกรรมจำนวนมากที่จะต้องใช้หรือต้องแข่งขันกับเทคโนโลยีเหล่านี้ และในด้านสังคมก็จะมีคนที่เกี่ยวข้องและที่จะถูกกระทบจากเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นจำนวนหลายล้านคน ผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่จึงมีมาก ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้จึงเป็นเรื่องที่ขาดเสียมิได้ และต้องมีการทบทวนอยู่เสมอ

การจัดสัมมนาที่ บวท. ได้เชิญนักวิจัยแนวหน้าของประเทศไทยในศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมานำเสนอวิเคราะห์วิจารณ์กันในหัวข้อที่สำคัญของประเทศเช่นนี้ จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งในวงเสวนาของนักวิชาการและเมื่อนำผลการเสวนามาจัดพิมพ์เป็นหนังสือภายใต้โครงการ "ปัญญาสร้างสรรค์ เรื่องสำคัญของชาติ" ดังที่ท่านถืออยู่นี้ ก็เป็นประโยชน์ในการเผยแพร่สู่สาธารณะ และเป็นแหล่งอ้างอิงของบุคคลทั่วไปอีกชั้นหนึ่งด้วย

สกว. จึงใคร่ขอแสดงความยินดีกับ บวท. และสยามสมาคมฯ ในความสำเร็จของการสัมมนาและการจัดทำหนังสือ มา ณ ที่นี้

ปิยะวัติ บุญ-หลง

ผู้อำนวยการสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

คำนำ

ในการจัดกิจกรรมเพื่อฉลองร้อยปีสยามสมาคมในพระบรมราชูปถัมภ์นั้น ประธานคณะกรรมการเตรียมการ ศาสตราจารย์ กฤษฎา อรุณวงษ์ ณ อยุธยา ได้ติดต่อมายังบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.) ซึ่งศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ยุทธวงศ์ เป็นประธานฯ เพื่อขอให้ร่วมจัดกิจกรรมโดยเน้นพัฒนาการของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยที่ผ่านมาและที่น่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่ง บวท. ที่มี ศาสตราจารย์ ดร. ยอดหทัย เทพธรานนท์ เป็นประธานคณะกรรมการบริหาร ก็ได้ตอบสนองด้วยความยินดี

การที่สยามสมาคมฯ ได้เห็นว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นส่วนสำคัญของวัฒนธรรมไทย ไม่ใช่เป็นเพียงสิ่งแปลกปลอมจากภายนอก เป็นสิ่งที่ถูกต้องและน่าชมเชย และที่ผ่านมานั้นกิจกรรมหลายประการ เช่น ด้านธรรมชาติวิทยา ด้านมานุษยวิทยาและโบราณคดี ของสยามสมาคมฯ

ก็เป็นข้อพิสูจน์อย่างดีว่า ได้ร่วมใช้และพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมไทยเป็นอย่างดี กิจกรรมร่วมระหว่างสยามสมาคมฯ และ บวท. ได้ผ่านไปด้วยดี โดยได้มีการจัดเป็นสัมมนาและนิทรรศการที่สยามสมาคมฯ ในวันที่ 15 พฤษภาคม 2547 ซึ่งมีผู้เข้าร่วมอย่างคับคั่ง และมีการสรุปเป็นภาษาอังกฤษในวันที่ 5 มีนาคม 2548 เนื้อหาของสัมมนาครอบคลุมถึงรากฐานและอนาคตของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยที่ผ่านมาในอดีต และวิทยาการใหม่ ๆ ที่มีความสำคัญในปัจจุบัน และจะส่งผลต่อสังคมไทยในอนาคตด้วย อาทิ จีโนมิกส์ นาโนเทคโนโลยี วิทยาการดิจิตัล ตลอดจนครอบคลุมไปถึงเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ ประชากร และผลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมไทยโดยทั่วไปด้วย

เนื้อหาของสัมมนาได้รับการกลั่นกรองออกมาเป็นหนังสือเล่มนี้ ซึ่งนับว่าเป็นผลงานร่วมระหว่างสยามสมาคมฯ และ บวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะได้รับความสนใจจากผู้อ่านทั้งที่เป็นผู้สนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และผู้ที่สนใจในวัฒนธรรมของไทยโดยทั่วไป

ยงยุทธ ยุทธวงศ์

ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์

สารบัญ

๑ รากฐานและอนาคตของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย ___ ๑
ยงยุทธ ยุทธวงศ์

๒ การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคจีโนมิกส์ ____ ๒๗
มรกต ตันติเจริญ

๓ ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม _____ ๔๙
มาลี สุวรรณอัตถ์

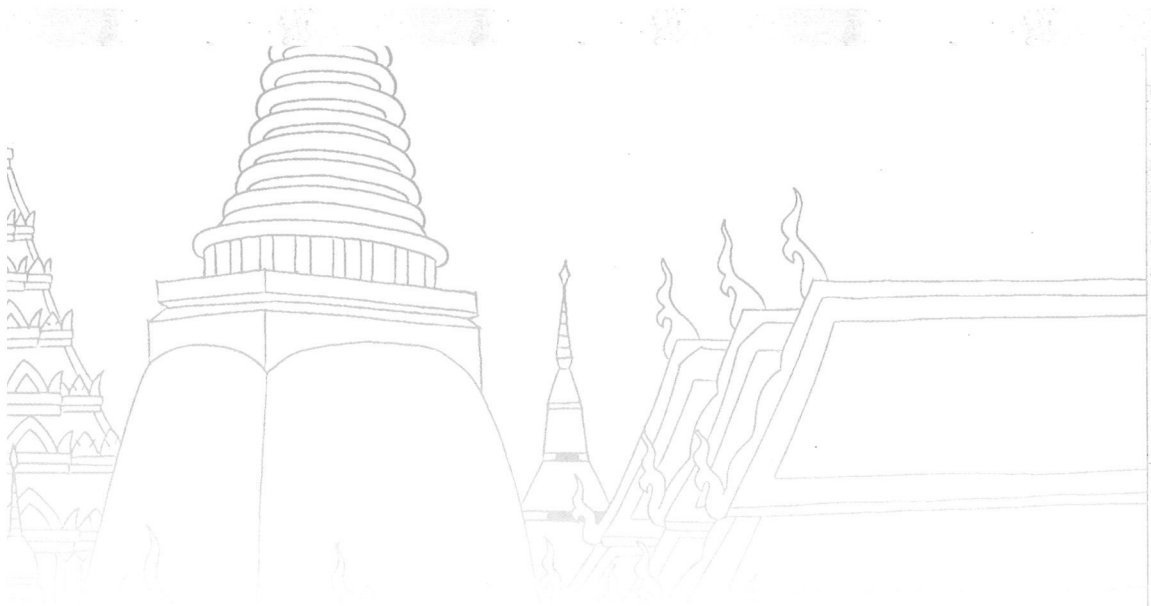
๔ นาโนเทคโนโลยี _____ ๗๙
ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์

๕ สังคมดิจิตัล _____ ๙๗
ชัยวัฒน์ คุประตกุล

๖ ประโยชน์และความเสี่ยงจากวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีใหม่ต่อสังคมไทย:
มุมมองของนักประชากรศาสตร์และนักฟิสิกส์ _____ ๑๑๑
เกื้อ วงศ์บุญสิน และ เดวิด รูฟโฟโล

๗ ประโยชน์และความเสี่ยงจากวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีใหม่ต่อสังคมไทย:
มุมมองของราษฎรอาวุโส _____ ๑๒๙
ประเวศ วะสี

บทส่งท้าย _____ ๑๔๑
วิจารณ์ พานิช



๑

รากฐานและอนาคตของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย

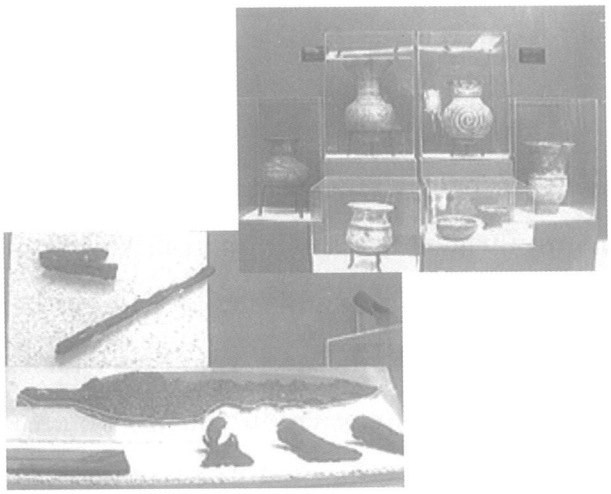
ยงยุทธ ยุทธวงศ์
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
และบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

รากฐานด้านวัฒนธรรมไทยที่เกี่ยวโยงกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มองในแง่หนึ่ง **"วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี"** อาจถือได้ว่าเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่ในสังคมไทย แต่จากอีกแง่หนึ่งนั้นก็นับได้ว่าเป็นสิ่งที่มีรากฐานมานานแล้ว จากนิยามโดยราชบัณฑิตยสถาน ***วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่ได้โดยการสังเกตและค้นคว้าจากการประจักษ์ทางธรรมชาติหรือวิชาที่ค้นคว้าได้หลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ*** ส่วน ***เทคโนโลยี คือ วิทยาการที่เกี่ยวกับศิลปะในการนำเอาวิทยาศาสตร์ประยุกต์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม***

จากนิยามนี้จึงกล่าวได้ว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งซึ่งมีอยู่ในวัฒนธรรมไทยมาช้านาน แม้รูปแบบจะไม่เหมือนกับที่มีอยู่ในตะวันตกก็ตาม ความเป็นสากลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มีการแพร่กระจายจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของโลกอย่างรวดเร็ว และเมื่อการติดต่อสื่อสารทำได้ง่ายขึ้นในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา การแพร่กระจายนี้ก็เกิดมากขึ้น จนอาจเป็นที่เข้าใจกันว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยล้วนเป็นสิ่งที่มีต้นกำเนิดอยู่ในต่างประเทศเสียทั้งหมด

จากประวัติศาสตร์และเรื่องราวก่อนประวัติศาสตร์ของไทย เห็นได้ว่าคนไทยได้มีวัฒนธรรมที่มีแก่นของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฝังลึกอยู่นานมาแล้ว แม้ไม่ได้กำหนดกะเกณฑ์ว่าเป็น "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" เนื่องจากยังไม่มีคำเหล่านี้อยู่ในภาษา อีกทั้งรูปแบบการได้มาและการใช้งานก็แตกต่างกันไปจากที่มีวัฒนธรรมตะวันตก เริ่มจากการใช้ "เทคโนโลยี" ในการทำสิ่งของเครื่องใช้ การเพาะปลูก และการดำรงชีวิตโดยทั่วไปอันมีหลักฐานมากมาย ตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ เช่น ยุคของวัฒนธรรมบ้านเชียง การใช้ความคิดอย่างเป็นเหตุผลอันมาจากศาสนาพุทธซึ่งตรงกับ



รูปที่ 1.1 เครื่องใช้ยุคบ้านเชียง

(http://www.sabuy.com/favorite_trip/bancharng.html)

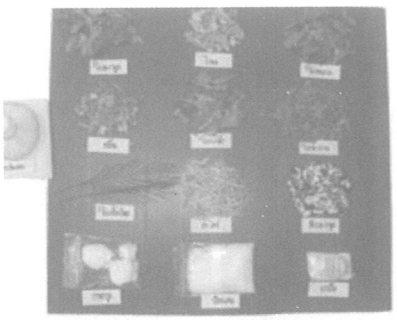
กระบวนการวิทยาศาสตร์ ก็ฝังรากอยู่ในสังคมไทยมานานช้า โดยเฉพาะในกลุ่มของผู้ที่เข้าถึงแก่นวิทยาการของไทยแต่เดิมมานั้นเริ่มได้รับอิทธิพลจากตะวันตกตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา และมารับเพิ่มขึ้นอย่างมากตั้งแต่รัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวเป็นต้นมา ศตวรรษที่ผ่านมาของไทย จึงจัดได้ว่าเป็นศตวรรษของการเริ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบที่เป็นสากล มีการวางรากฐานของสถาบันต่าง ๆ และการสร้างความเข้มแข็งขึ้นมามาก

ถึงแม้จะพอกล่าวได้ว่ารากฐานทางวัฒนธรรมของสังคมไทยมีส่วนที่จัดว่าเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแง่กว้างได้ แต่ควรต้องตระหนักด้วยว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างที่เรารู้จักกันในปัจจุบันซึ่งมีอิทธิพลมาจากตะวันตกอย่างมากนั้น ก็มีส่วนที่ขัดกับความเชื่อของสังคมดั้งเดิมอยู่มากด้วย ดังจะเห็นจากตัวอย่างเช่น ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นเมื่อมีผู้นำการแพทย์แผนตะวันตกเข้ามาใช้ หรือการตีความหมายที่แตกต่างกันระหว่างดาราศาสตร์และโหราศาสตร์ เป็นต้น

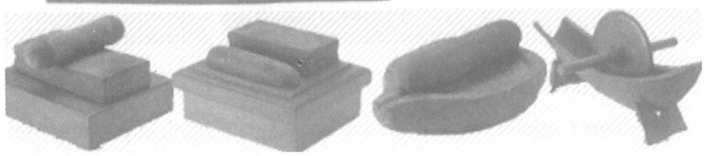
เทคโนโลยีและภูมิปัญญาไทย

วัฒนธรรมยุคก่อนประวัติศาสตร์ของไทยได้มีมาแล้วนับเกือบหมื่นปี ตัวอย่างที่สำคัญได้แก่ วัฒนธรรมบ้านเชียง ซึ่งมีความเจริญรุ่งเรืองในช่วงประมาณเจ็ดพันปีมาแล้ว และมีเทคโนโลยีของการใช้โลหะและการทำเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ทั้งใช้งานได้ดีและมีศิลปะงดงาม ในช่วงหลายร้อยปีที่ผ่านมา คนไทยได้รับอิทธิพลทางวัฒนธรรมจากการไปมาหาสู่และการค้าขายจากอินเดีย จีนและส่วนอื่น ๆ ของโลก ซึ่งรวมทั้งวิทยาการที่อาจเรียกรวมได้ว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศาสนาพุทธและเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตก็มีอิทธิพลจากแนวคิดและปฏิบัติที่ใช้หลักการแบบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การแพทย์แผนเดิมของไทย ได้รับอิทธิพลมาจากแนวทางของอินเดียและของจีนอยู่มาก แต่ก็มีลักษณะพิเศษของตนเอง อันเห็นได้จากตำรายาสมุนไพร การนวด การปฏิบัติ โยคะและโหราศาสตร์ ความเชื่อถือด้านสุขภาพและความเจ็บป่วยที่อธิบายโดยสมดุลของธาตุทั้งสี่ คือ ดิน น้ำ ลม และไฟ และการมองภาพรวมของความเป็นอยู่ทั้งของตนเองและภูติผีปีศาจ เทวดาและวิญญาณ เป็นระบบความเชื่อและภูมิปัญญาแบบรวม (holistic) ซึ่งต่างจากการมองแบบแยกส่วน (analytical) ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากตะวันตกที่มาภายหลัง ความสามารถในการวินิจฉัย รักษาและป้องกันโรคภัยไข้เจ็บของระบบการแพทย์ที่มาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบตะวันตก ทำให้ระบบการแพทย์แผนเดิมเสื่อมถอยลงไป ทั้งที่ยังมีข้อดีอยู่หลายประการและมีความกลมกลืนจากการที่ได้อยู่กับสังคมไทยมานาน



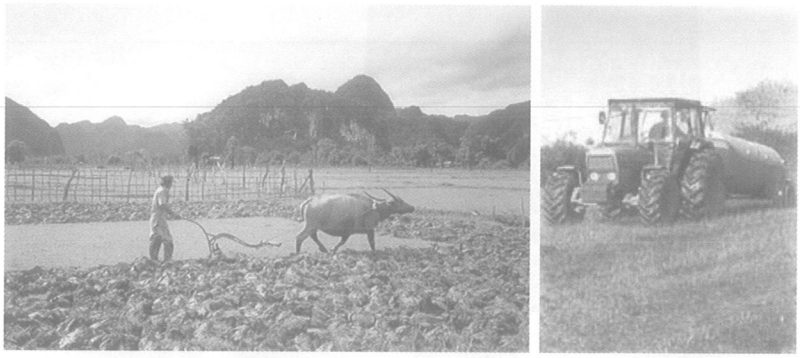
การทำลูกประคบ



รูปที่ 1.2 การแพทย์แผนเดิม

(http://hospital.moph.go.th/napo/thaimed/Untitled-1.htm, http://www.nectec.or.th/.../ medical/herbs.html)

สังคมไทยก็ได้มีพัฒนาการด้านเทคโนโลยีการเกษตรของตนเองมายาวนาน โดยมีการทำนาประกอบกับการเพาะปลูกอื่น ๆและการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งล้วนต้องใช้เทคโนโลยีทั้งสิ้น หากแต่เทคโนโลยีดั้งเดิมเป็นสิ่งที่สั่งสมกันมาจากประสบการณ์ ไม่ได้มาจากรากฐานทางวิทยาศาสตร์แบบเป็นระบบ ถึงกระนั้นก็ได้มีบทบาทในการนำไปสู่ความเป็นชุมชนและสังคมที่แข็งแกร่ง ตัวอย่างของเทคโนโลยีดั้งเดิมได้แก่ เครื่องมือเกษตรที่ตกทอดกันมา และหลาย ๆ ชนิดยังมีการใช้อยู่ในปัจจุบัน เทคโนโลยีในการแปรรูปและเก็บถนอมอาหาร เช่น การหมักดอง อันเป็นการใช้จุลชีพที่มีในสิ่งแวดล้อมให้เป็นประโยชน์ ซึ่งล้วนเป็นพัฒนาการจากประสบการณ์ทั้งสิ้น โดยไม่ได้เชื่อมโยงมาจากความรู้พื้นฐานดังเช่นเทคโนโลยีปัจจุบัน



รูปที่ 1.3 เครื่องมือเกษตร

(http://asiatours.net/press/en/images-laos.html, http://www.fnh.org/naturoscope/agriculture.htm)

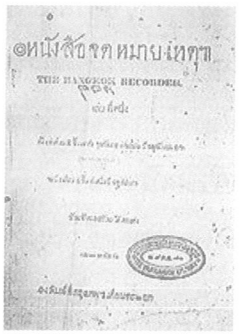
ในด้านที่อยู่อาศัย เครื่องใช้ เครื่องนุ่งห่มต่างๆ เทคโนโลยีดั้งเดิมของสังคมไทยก็ได้มีความก้าวหน้าไปมากอยู่ก่อนแล้ว ก่อนที่จะได้รับอิทธิพลจากตะวันตก รูปแบบของที่อยู่อาศัยดั้งเดิม ซึ่งเหมาะสมกับสภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อม เครื่องมือเครื่องใช้ที่ทำด้วยโลหะเครื่องปั้นดินเผาและวัสดุอื่นๆ เครื่องนุ่งห่มที่มาจากไหมและฝ้าย เหล่านี้ล้วนบ่งบอกถึงพัฒนาการของเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสังคมแต่เดิมมาทั้งสิ้น

อิทธิพลของศาสนา

ศาสนาพุทธได้เข้ามามีอิทธิพลสำคัญต่อสังคมไทย โดยมีอิทธิพลในสามด้านหลักๆ ด้านแรกคือ อิทธิพลต่อโลกทัศน์ ศาสนาพุทธได้มีส่วนสำคัญมากในการหล่อหลอมความเชื่อถือ ปรัชญาและแนวความคิดของคนในสังคม โดยได้ผสมผสานไปกับแนวทางอันกลมกลืนกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีมาก่อนแต่เดิมแล้ว ส่วนที่สำคัญที่ศาสนาพุทธได้ให้กับสังคมไทยคือ แนวทางการยึดเหตุผลในการพิจารณาตัดสินเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ อันเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับหลักการของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้คำสอนหลักของพระพุทธเจ้าด้านความเป็นอนิจจังของสรรพสิ่งก็สอดคล้องกับแนวคิดด้านวิวัฒนาการของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีจุดกำเนิดจากปรัชญาของกรีกโบราณอันเริ่มขึ้นในช่วงใกล้กันกับสมัยของพระพุทธองค์ ด้านที่สองได้แก่ อิทธิพลต่อระบบการศึกษา ซึ่งพระสงฆ์ได้ทำหน้าที่เป็นครู และมีวัดเป็นโรงเรียนแต่ดั้งเดิมมา และด้านที่สามได้แก่ อิทธิพลต่อเทคโนโลยีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการก่อสร้าง การหล่อโลหะหรือการใช้สี และการประดับตบแต่งต่างๆ ที่มีอยู่ในวัดวาอาราม ซึ่งได้กระจายออกมาใช้โดยทั่วไปอีกด้วย

นอกจากศาสนาพุทธแล้ว ศาสนาอื่นๆ ก็ได้มีอิทธิพลต่อวิวัฒนาการของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดั้งเดิมของไทยด้วย อาจเห็นได้จากอิทธิพลของศาสนาอิสลามในทางภาคใต้และส่วนอื่นๆ ของประเทศไทย ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา มิชชันนารีและนักบวชจากตะวันตกที่เข้ามาเผยแพร่ศาสนาคริสต์ ก็ได้มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงระบบการศึกษาของไทยและนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาจากตะวันตก อย่างไรก็ดี การเผยแพร่ศาสนาพร้อมกับการนำวิทยาการใหม่เข้ามานั้นก็ได้ก่อให้เกิดความขัดแย้งกับความเชื่อถือเดิมของไทยหลายประการ ซึ่งโดยทั่วไปได้บั่นทอนความ

หมอบรัดเลย์
(http://www.moph.go.th/about/history/hi/doc3.htm)

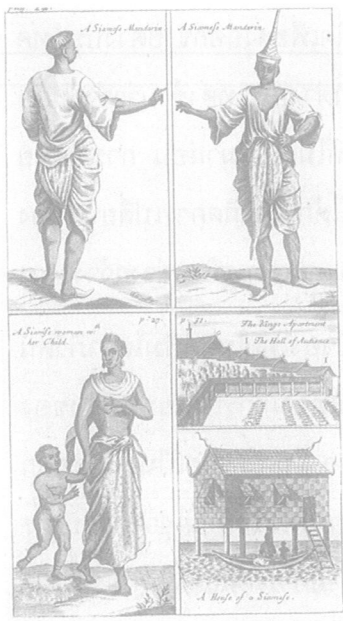


รูปที่ 1.4 หนังสือจดหมายเหตุเขียนโดยหมดบรัดเลย์
(http://www.princess-it.org/kp9/hmk-IT/ch1-photograph.th.html)

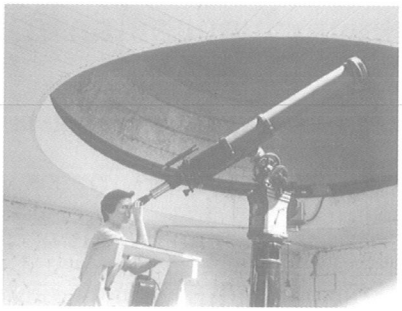
เชื่อถือดังกล่าวลงไปในฐานะที่ถูกกล่าวหาว่าเป็นความงมงาย ดังตัวอย่างกรณีของหมอบรัดเลย์ (Dan Bradley) ซึ่งเป็นผู้นำเทคโนโลยีการพิมพ์และการแพทย์แผนใหม่เข้ามาในช่วงกว่าร้อยปีที่แล้วมา พร้อมกันนั้นก็ได้มีการวิเคราะห์การแพทย์แผนไทยแบบเดิมในลักษณะที่เสียหาย ความขัดแย้งระหว่างความเชื่อถือดั้งเดิมกับความเชื่อถือใหม่ ที่มาจากภายนอกเช่นนี้ ยังมีสืบเนื่องมาแม้จนปัจจุบัน

อิทธิพลของตะวันตกและโลกาภิวัตน์

การติดต่อค้าขายกับตะวันตกเริ่มมีความสำคัญมาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ในช่วงคริสตศตวรรษที่ 16 และ 17 ซึ่งเป็นช่วงที่วิทยาศาสตร์ในตะวันตกเพิ่งจะเริ่มรุ่งเรืองขึ้น ดังที่เรียกว่า **"ยุคการเกิดใหม่"** (Renaissance) ไม่นานนัก การติดต่อนี้โดยเฉพาะในรัชสมัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ได้ทำให้ประเทศตะวันตกรู้จักเมืองไทย ดังที่ได้มีการตีพิมพ์งานเขียน เช่น ของ Simon de la Loubere ราชทูตฝรั่งเศส ซึ่งให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นอยู่และวิทยาการของไทย พร้อมกับข้อมูลด้านวัฒนธรรมและการเมืองการปกครอง ในขณะเดียวกันการติดต่อนี้ก็ได้พาเอาอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาสู่สังคมไทย โดยเฉพาะในด้านเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่ เทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับอาวุธยุทโธปกรณ์ และเกี่ยวข้องกับการเดินเรือ วิทยาการ เช่น ดาราศาสตร์ ก็ได้เริ่มเข้ามามีบทบาท อันเห็นได้จากการสร้างหอดูดาวในรัชสมัยนั้น



รูปที่ 1.5 **ตัวอย่างงานเขียนของ Simon de la Loubere ราชทูตฝรั่งเศส**
(http://www.humnet.ucla.edu/humnet/clarklib/Travel%20Large%20Pages/LaLoubere_Siamese-Mandarin.htm)

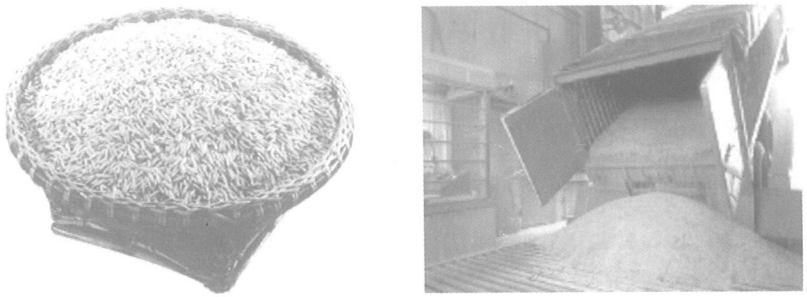


รูปที่ 1.6 หอดูดาว

(http://faculty.rmwc.edu/tmichalik/abtwnfre.htm)

อิทธิพลของตะวันตกได้มีเพิ่มขึ้นสูงมากนับจากรัชกาลที่สี่ในกรุงรัตนโกสินทร์ซึ่งในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวเป็นต้นมา ไทยได้เปิดตัวสู่ยุคโลกาภิวัตน์อย่างกว้างขวางเป็นครั้งแรก โดยส่วนหนึ่งเนื่องจากการบังคับของมหาอำนาจตะวันตก ระบบเศรษฐกิจของไทยได้ปรับเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว จากระบบที่มีความพอเพียงในตนเองไปสู่ระบบที่พึ่งพาการค้าขายกับนานาประเทศ นอกเหนือไปจากที่เพียงเคยค้าขายกับประเทศใกล้เคียง การผลิตสินค้า เช่น สินค้าเกษตร สิ่งทอ แร่ธาตุ เปลี่ยนลักษณะจากการผลิตเพียงเพื่อใช้เอง เป็นผลิตเพื่อส่งออกขายต่างประเทศด้วย ในขณะเดียวกันก็มีการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ เข้ามาแข่งขันกับสินค้าที่ผลิตขึ้นภายใน หรือเป็นสินค้าใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน การค้าขายยุคเริ่มโลกาภิวัตน์ที่เริ่มในศตวรรษที่แล้ว ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในทางที่ดี และเลวร้ายต่อระบบของสังคมและเศรษฐกิจอย่างกว้างขวาง

เป็นที่น่าสังเกตว่า การพัฒนาทางเทคโนโลยีของไทยในยุคเริ่มโลกาภิวัตน์ของศตวรรษที่แล้วมีความสัมพันธ์และสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเศรษฐกิจ สินค้าบางชนิด เช่น ข้าว ดีบุก กลายเป็นสินค้าออกที่สำคัญ พร้อมกันนั้นก็มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีข้าวก็ได้มีการพัฒนาขึ้น ไม่เพียงแต่



รูปที่ 1.7 ข้าวเปลือกและโรงสีข้าว

(http://www.afet.or.th/productRiceOverview.php?hId=2)

ในด้านพันธุ์และการเพาะปลูกซึ่งมีมานานแล้ว แต่รวมมาถึงด้านการสีข้าว การเก็บรักษาและการขนส่งอีกด้วย ในเรื่องดีบุกก็ได้มีการพัฒนาการทำเหมืองและการสกัดแร่ ในขณะเดียวกันเทคโนโลยีพื้นบ้านที่เคยมีมาในระบบเศรษฐกิจแบบพอเพียง เช่น การทอผ้า การทำเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ขึ้นเองก็ค่อย ๆ สูญหายไป จนเพิ่งมาเห็นความสำคัญในการอนุรักษ์ไว้เมื่อใกล้จะสายเกินไปแล้ว ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งก็คือการเปิดประเทศเพื่อค้าขายของไทยได้นำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างไม่ยั่งยืนขึ้นเป็นครั้งแรก ทรัพยากรป่าไม้และแร่ธาตุได้ถูกแปรเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้อย่างมาก จนเมื่อเร็ว ๆ นี้จึงได้ตระหนักถึงผลร้ายที่ตามมา

ปัจจุบันนี้เศรษฐกิจของไทยอยู่ในยุคโลกาภิวัตน์อย่างเต็มตัว ความสามารถในการแข่งขันเชิงการค้าระหว่างประเทศทวีความสำคัญขึ้นและขึ้นอยู่กับสถานภาพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้นเรื่อย ๆ จากการที่สถานภาพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยยังไม่ดีนัก ทำให้ไทยยังต้องผลิตสินค้าประเภทวัตถุดิบอยู่มาก หรือแม้สินค้าอุตสาหกรรมก็ยังต้องพึ่งเครื่องจักรและเทคโนโลยีจากต่างประเทศเป็นหลัก การเพิ่มความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเป็นประเด็นสำคัญยิ่งสำหรับอนาคตของประเทศไทย

บทบาทของพระมหากษัตริย์

พระมหากษัตริย์ของไทยหลายพระองค์ได้ทรงมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทย ทั้งในส่วนที่ท่านได้ทรงบำรุงวิทยาการในด้านนี้ และในส่วนที่ได้ทรงเป็นตัวอย่างในการขวนขวายหาความรู้และการนำมาใช้ประโยชน์

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวซึ่งทรงได้รับการยกย่องว่าเป็น **"พระบิดาของวิทยาศาสตร์ไทย"** ได้ทรงมีบทบาทอย่างสูงมากจากการที่พระองค์ทรงสนพระทัยในวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ รวมทั้งดาราศาสตร์

รูปที่ 1.8 พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทอดพระเนตรสุริยุปราคา (http://www.stkc.go.th/eventDetail.php?id=1, http://siweb.dss.go.th/Science_Children/Scientist/King_rama4_P1.html, http://siweb.dss.go.th/Science_Children/Scientist/King_rama4_P1.html)

พระบาทสมเด็จพระปิ่นเกล้าเจ้าอยู่หัวก็ได้ทรงสนพระทัยในด้านเทคโนโลยี ดังตัวอย่างที่ได้ทรงมีบทบาทในการพัฒนาเรือกลไฟขึ้น เป็นต้น แม้กระนั้น ความสนใจในวิทยาการใหม่ที่มาจากตะวันตก อันเริ่มมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่สามแล้วนี้ก็ยังคงจำกัดอยู่ในเฉพาะหมู่เจ้านายไม่ได้แพร่หลายหยั่งรากลึกจนกระทั่งการปฏิรูปการศึกษา การบริหารการปกครองและการปรับปรุงกิจการบ้านเมืองโดยทั่วไปในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้า-เจ้าอยู่หัว

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวองค์ปัจจุบันได้ทรงสนพระทัยในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ โดยเห็นได้จากการที่ได้ทรงมีพระประสงค์จะทรงศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ตั้งแต่ก่อนที่จะเสด็จขึ้นครองราชย์ และได้ทรงประดิษฐ์คิดค้นวิธีการ เครื่องมือและแนวทางต่าง ๆ อันเป็นการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อประโยชน์ในการทำมาหาเลี้ยงชีพ ในด้านการเกษตรและในด้านอื่น ๆโดยเฉพาะในด้านที่จะนำมาก่อให้เกิดประโยชน์กับประชาชนทั่วไปที่อยู่ในชนบท ในที่ทุรกันดารห่างไกล ที่มีรายได้น้อยอีกมากมาย ตัวอย่างของผลงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้แก่

รูปที่ 1.9 กังหันน้ำชัยพัฒนา

(http:/web.ku.ac.th/king72/2541-2/water.html)

ระบบกังหันน้ำเพื่อเติมออกซิเจนให้น้ำ ระบบการทำการเกษตรแบบผสมผสาน และแนวพระราชดำริเกี่ยวกับการชลประทาน เป็นต้น ความสนพระทัยในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนานั้น ได้ช่วยให้เกิดทัศนคติที่ดีของประชาชนต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นอกจากนี้พระบรมวงศานุวงศ์ที่สำคัญหลายพระองค์ได้ทรงสนพระทัยในการพัฒนาและการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์ ดังตัวอย่างเช่น สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี ที่ทรงนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เพื่อคนพิการ เจ้าฟ้าหญิงจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ที่ทรงเป็นองค์ประธานของสถาบันจุฬาภรณ์ อันเป็นสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ที่สำคัญของประเทศ เป็นต้น

บทบาทของระบอบการเมืองการปกครอง และนโยบายของรัฐ

ในระบอบการเมืองการปกครองของไทยแต่ดั้งเดิมมาไม่มีหน่วยงานที่จะสนับสนุนหรือดำเนินงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยเฉพาะแต่อย่างใด เมื่อมีกระทรวงธรรมการ (ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็นกระทรวงศึกษาธิการ) การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับพื้นฐานก็อยู่ในหน้าที่ความรับผิดชอบของกระทรวงนี้ การจัดตั้งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเดิมใช้ชื่อว่า โรงเรียนข้าราชการพลเรือน หรือก่อนหน้านั้นคือโรงเรียนมหาดเล็กหลวง ทำให้มีการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับอุดมศึกษาขึ้น โดยมีการจัดตั้งคณะอักษรศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ขึ้นในปี พ.ศ. 2459 และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในด้านการศึกษาแพทย์นั้นได้มีการจัดตั้งราชแพทยาลัยขึ้นก่อน กล่าวคือ ตั้งแต่ พ.ศ. 2453 ที่โรงพยาบาลศิริราช ซึ่งต่อมาก็ได้ผนวกเข้าในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แล้วแยกออกมาอีกครั้ง เป็นส่วนของมหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์ (มหาวิทยาลัยมหิดลในปัจจุบัน) ในการศึกษาด้านเกษตร ได้มีการจัดตั้งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ขึ้นมาโดยเฉพาะใน พ.ศ. 2486 ในช่วงประมาณ 40 ปีที่ผ่านมา รัฐบาลได้จัดตั้งมหาวิทยาลัยต่างๆ ขึ้นอีกทั้งในกรุงเทพฯ และในภูมิภาค รวมประมาณ 20 แห่ง ซึ่งล้วนมีคณะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอยู่ด้วยทั้งสิ้น

ในช่วงประมาณครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา รัฐบาลได้ให้การสนับสนุนแก่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น ดังเห็นได้จากการบัญญัติให้มีการสนับสนุนนี้ไว้ในรัฐธรรมนูญฉบับต่างๆ ตั้งแต่ พ.ศ. 2492 เป็นต้นมา รวมถึงฉบับปัจจุบัน รัฐได้จัดตั้งหน่วยราชการเพื่อปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายหน่วย โดยเริ่มจากการจัดตั้งศาลาแยกธาตุ

ใน พ.ศ 2461 ซึ่งให้บริการด้านการวิเคราะห์และบริการทั่วไป ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นกรมวิทยาศาสตร์และกรมวิทยาศาสตร์บริการในที่สุด กรมโลหะการ (ปัจจุบันเป็นกรมทรัพยากรธรณี) ดูแลด้านการเหมืองแร่และทรัพยากรธรณีของรัฐ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ดูแลด้านการคุ้มครองสุขภาพของประชาชนโดยทั่วไป กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร ดูแลด้านการพัฒนาการเกษตรและการเผยแพร่ให้กับเกษตรกรทั่วไป เหล่านี้เป็นตัวอย่างของหน่วยราชการที่สำคัญที่ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในส่วนของการวิจัยอันเป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นเริ่มได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล เมื่อมีการจัดตั้งสภาวิจัยแห่งชาติขึ้นใน พ.ศ. 2499 ในระยะใกล้เคียงกับการจัดตั้งสภาพัฒนาการเศรษฐกิจแห่งชาติ (ต่อมาเป็นสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ) และสภาการศึกษาแห่งชาติ โดยสภาวิจัยแห่งชาติทำหน้าที่ทั้งจัดทำนโยบายการวิจัยและให้การสนับสนุนการวิจัย ต่อมาได้มีบทบาทในการดำเนินให้มีการจัดตั้งกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน (ปัจจุบันคือ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ขึ้นใน พ.ศ. 2522 กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ได้จัดตั้งศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติขึ้นใน พ.ศ. 2526 และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็ก-ทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติขึ้นในเวลาต่อมาในช่วงเวลาใกล้กันนั้น รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ให้ความช่วยเหลือแก่รัฐบาลไทยจัดตั้งโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนา เพื่อให้การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาอันมุ่งเป้าหมายสู่การประยุกต์ใช้ในด้านเศรษฐกิจและสังคมเป็นสำคัญ ศูนย์แห่งชาติทั้งสามและโครงการร่วมไทย-สหรัฐฯ ได้มารวมกันภายใต้กฎหมายพิเศษเป็นสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แห่งชาติ (สวทช.) ใน พ.ศ. 2534 ซึ่ง สวทช. เป็นหน่วยงานที่ทั้งให้การสนับสนุน การวิจัยและพัฒนาแก่หน่วยงานต่างๆ ภายนอก และดำเนินการวิจัยและพัฒนาเองด้วย ในสาขาเทคโนโลยีหลักทั้งสาม สวทช. เป็นองค์กรที่ไม่ใช่ราชการที่อยู่ในกำกับของนโยบายรัฐบาล ก่อนหน้าที่จะมีการจัดตั้ง สวทช. รัฐบาลได้จัดตั้งสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็นสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ขึ้นใน พ.ศ. 2506 โดยมีลักษณะเป็นรัฐวิสาหกิจ

ห้าทศวรรษของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย

ช่วงประมาณร้อยปีที่ผ่านมาเป็นช่วงที่มีการเปิดรับนำเอาวิทยาการใหม่ ๆ เข้ามา เพื่อนำมาใช้ในกิจการต่าง ๆ ไม่ว่าในด้านการแพทย์ การเกษตร การช่างหรือการทหาร ผู้ที่มีบทบาทสำคัญคือ เจ้านายและชนชั้นปกครองที่ได้มีโอกาสไปรับการศึกษาในต่างประเทศ หรือคนและองค์กรต่างประเทศที่เข้ามาในประเทศมีบทบาทในการนำวิทยาการและระบบใหม่เข้ามา ในการเปิดรับวิทยาการใหม่นั้นมีความขัดแย้งกับความเชื่อถือดั้งเดิมของไทยอยู่ในหลายจุด เช่น ระหว่างการแพทย์แผนใหม่กับแผนเดิมของไทย ซึ่งกล่าวโดยรวมแล้ว ได้มีอิทธิพลในการลดความเชื่อถือดั้งเดิมลงในหลายกรณี จึงเป็นที่น่าเสียดายว่าภูมิปัญญาดั้งเดิมซึ่งมีคุณค่าถูกเพิกเฉยละทิ้ง แต่ข้อดีประการใหญ่คือ การที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแผนใหม่ซึ่งใช้หลักของเหตุผล ได้ตอกย้ำแนวทางของศาสนาพุทธที่มีอยู่ดั้งเดิมแล้วหากถูกเบียดบังไปด้วยความเชื่อในเรื่องโชคลาง ผีสางเทวดา อันเป็นอวิชชามาโดยตลอด

นับได้ว่า "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย" ได้เริ่มมีความเป็นตัวของตัวเองในช่วงประมาณห้าทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งจัดได้ว่าเป็นระยะที่มีการพัฒนาจากการที่เป็นเพียงวิชาพื้นฐานที่เรียนจากตำรา หรือมีการทดลองเพียงเพื่อแสดงหลักการที่มีผู้ค้นพบไว้ก่อนแล้ว มาเป็นวิชาที่มีการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์ทั้งในแง่ของความเข้าใจธรรมชาติและแง่ของการนำไปสู่การประยุกต์ใช้ ***ในห้าทศวรรษที่ผ่านมานั้น วิทยาศาสตร์ไทยได้เปลี่ยนจากการเป็นเพียงสะพานนำไปสู่วิชาชีพของแพทย์ วิศวกร เกษตรกร ทหาร ฯลฯ มาเป็นวิชาที่มีความหมายในตัวเอง*** นักวิทยาศาสตร์ได้เขยิบจากการเป็นเพียงผู้ถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง แม้ในปัจจุบันการพัฒนาเหล่านี้จะยังไม่สมบูรณ์นักก็ตาม

ทศวรรษ 2500-2509: เริ่มบรรยากาศใหม่

วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคม และสะท้อนแนวโน้มของสังคมทั้งในส่วนท้องถิ่นและส่วนที่เป็นสากล บรรยากาศวิทยาศาสตร์ในช่วงประมาณ พ.ศ. 2500 นั้นเป็นบรรยากาศที่สดใส สังคมทั่วโลกมีความเชื่อมั่นว่าวิทยาศาสตร์เป็นกุญแจสำคัญนำไปสู่การพัฒนา ในสหรัฐอเมริกาประธานาธิบดีเคนเนดีประกาศเจตนารมณ์อย่างแน่วแน่ที่จะส่งคนไปลงดวงจันทร์ ทุกแห่งในโลกรวมทั้งประเทศไทยหลงใหลไปกับสินค้าใหม่ ๆ ที่เป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ทีวีสีและวิทยุทรานซิสเตอร์ ไปจนถึงพลาสติกและแอร์ติดรถยนต์ ไม่น่าแปลกใจว่าคนรุ่นใหม่ในช่วงนั้นหลายคนจะหันมาสนใจวิทยาศาสตร์ชนิดยึดเป็นอาชีพ ประกอบกับบรรยากาศของประเทศไทยในขณะนั้นเป็นบรรยากาศของการพัฒนาโครงสร้างในระดับพื้นฐาน จากการที่ได้มีการจัดตั้งสภาพัฒนาเศรษฐกิจ สภาการศึกษาและสภาวิจัยแห่งชาติขึ้น ต่อมาก็ได้มีการจัดตั้งมหาวิทยาลัยใหม่ ๆ ขึ้นที่เชียงใหม่ ขอนแก่นและสงขลา มหาวิทยาลัยเฉพาะทาง เช่น มหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ก็ได้เพิ่มความแข็งแกร่งและเริ่มขยายออกในวิทยาการที่กว้างขึ้น วิทยาลัยเทคนิคบางแห่งซึ่งเดิมอยู่ในความดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ ก็ได้ขยายปรับขึ้นเป็นสถาบันอุดมศึกษาระดับสูงขึ้น เช่น สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เป็นต้น วิทยาศาสตร์ไทยจึงมีช่วงจังหวะที่จะขยายรากฐานได้มากในช่วงนั้น

ในด้านของวิทยาศาสตร์ทั่วไป ก่อนหน้านั้นได้มีคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นสถาบันเดียวในระดับอุดมศึกษาซึ่งได้วางรากฐานและผลิตบุคลากรอันมีส่วนสำคัญในด้านต่าง ๆ จวบจนปัจจุบัน การก่อตั้งคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (ในตอนนั้นเรียกว่า คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์) ใน พ.ศ.2501 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ ในด้านการศึกษาแพทย์ในตอนแรก และ

ต่อมาขยายผลมาด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพและทั่วไป จุดสำคัญสำหรับวิทยาศาสตร์ไทยก็คือ ได้เป็นจุดรวมตัวของนักศึกษาที่มีศักยภาพสูงที่สุดของประเทศ ซึ่งหลายคนตัดสินใจที่จะเรียนวิทยาศาสตร์แทนที่จะเรียนแพทย์ตามกระแสสังคม คนรุ่นใหม่กลุ่มนี้ได้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ไทยในสี่ทศวรรษต่อมา

ทศวรรษ 2510-2519: เริ่มยุควิจัยและบัณฑิตศึกษา

นักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ได้ทะยอยกลับมาจากการศึกษาในต่างประเทศ และพร้อมกันนั้นก็ได้เริ่มนำการวิจัยซึ่งเป็นงานหลักของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกแต่ยังมิได้มีการทำกันมาก่อนมากนักในเมืองไทย มาเป็นส่วนสำคัญของอาชีพของนักวิทยาศาสตร์ไทยเป็นครั้งแรก ปัจจัยที่นำความสำเร็จที่สำคัญประการหนึ่งคือ โครงการความร่วมมือของมูลนิธิร็อกกี้เฟลเลอร์ ซึ่งได้ส่งนักวิทยาศาสตร์สหรัฐฯ จำนวนมากมาพร้อมกับความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์และทุนวิจัยและทุนบัณฑิตศึกษา โดยเน้นในด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ที่มหาวิทยาลัยมหิดล) เป็นหลัก แต่มีโครงการด้านเกษตร-ศาสตร์ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) และเศรษฐศาสตร์ (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) อีกด้วย รัฐบาลไทยได้จัดสรรงบประมาณก่อสร้างและงบประมาณสำหรับเป็นค่าตอบแทนอาจารย์ที่ทำงานวิจัย ยุคของบัณฑิตศึกษาได้เริ่มต้นขึ้นพร้อมกันนี้ บัณฑิตจากโครงการบัณฑิตศึกษาเหล่านี้ได้เป็นตัวคูณ โดยเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยใหม่ ๆ และเริ่มงานสอนงานวิจัยของตนเองขึ้นในลำดับต่อมา

เมื่อมีงานวิจัยเกิดขึ้นก็มีความต้องการที่จะต้องมีเวทีแสดงผลงานวิจัยเหล่านั้น จริงอยู่เวทีที่สำคัญที่สุดก็คือ วารสารนานาชาติที่มีการตรวจสอบมาตรฐาน แต่ก็ยังมีความจำเป็นที่ต้องมีการพบปะแลกเปลี่ยนผลงานและการตีพิมพ์ผลงานในระดับมาตรฐาน โดยองค์กรที่เป็นกลาง สมาคม

วิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ ซึ่งได้มีการจัดตั้งขึ้นที่จุฬาลงกรณ์ฯ มากว่ายี่สิบปีแล้วก่อนหน้านั้น ได้มีส่วนสำคัญในการสนองความต้องการใหม่นี้ โดยการจัดการประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) และการออกวารสารวิชาการที่มีมาตรฐาน การพัฒนาเหล่านี้แสดงถึงการเริ่มฝังรากลึก หรืออาจเรียกว่าการผลิดอกออกผลของวิทยาศาสตร์ไทยที่ได้มีการฟูมฟักมาแล้วเป็นเวลานาน

ทศวรรษ 2520-2529: ระบบสนับสนุนและเครือข่ายก่อตัว

การขยายตัวของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและความสำคัญที่เพิ่มขึ้นสำหรับการพัฒนา ทำให้จำเป็นต้องมีระบบนโยบายและระบบสนับสนุนที่ดีขึ้น นอกจากการเป็นหน่วยงานนโยบายแล้ว กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ที่ได้จัดตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2522 ยังได้เป็นแหล่งกำเนิดของระบบการสนับสนุนการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้งบประมาณเหมาะสมกับความต้องการจริงภายในประเทศเป็นครั้งแรก โดยที่ก่อนหน้านั้นนักวิจัยที่จริงจังจำเป็นต้องพึ่งพาเงินทุนจากต่างประเทศเป็นหลัก กระทรวงฯ ได้จัดตั้งศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติขึ้นในปี พ.ศ. 2526 ระบบสนับสนุนเช่นนี้ได้ขยายตัวออก นำไปสู่การตั้งศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2529 พร้อมกันนี้ รัฐบาลสหรัฐฯ โดยองค์กรยูเสด ได้เริ่มโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาในปี พ.ศ. 2528 โดยมีเงินกู้และเงินให้เปล่าสำหรับสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสามสาขาหลัก การสนับสนุนเหล่านี้ทำให้เกิดความตื่นตัวในมหาวิทยาลัยและหน่วยราชการเป็นอย่างมาก และแม้ภาคเอกชนก็เริ่มหันมาให้ความสนใจกับการพัฒนาเทคโนโลยี แม้จะยังไม่มากนักก็ตาม

งานวิจัยที่ได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องในหลายสถาบันได้ส่งผลเป็นที่ยอมรับในวงการทั้งต่างประเทศและในประเทศ ในปี พ.ศ. 2525 (ครบรอบสองร้อยปีรัตนโกสินทร์) มูลนิธิส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับสมาคมวิทยาศาสตร์ฯ ได้จัดให้มีรางวัล **"นักวิทยาศาสตร์ดีเด่น"** เพื่อเป็นการยกย่องผู้ที่มีผลงานอันเป็นที่ยอมรับนับถือดังกล่าว นับเป็นรางวัลที่สำคัญที่สุดสำหรับนักวิทยาศาสตร์ไทยที่ได้มีการมอบให้ทุกปี สืบเนื่องมาจนปัจจุบัน ต่อมาได้มีรางวัล **"นักวิจัยดีเด่น"** จากสภาวิจัยแห่งชาติ ซึ่งยกย่องนักวิจัยในทุกสาขาไม่เพียงวิทยาศาสตร์เท่านั้น

ทศวรรษ 2530-2539: ยุคฉันจึงมาหาความหมาย (ผู้ใช้)

งานของศูนย์แห่งชาติทั้งสามและโครงการไทย-สหรัฐฯ นำไปสู่การจัดตั้งสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ในปี พ.ศ. 2534 เพื่อเป็นหน่วยงานสนับสนุนและดำเนินการวิจัยและพัฒนา ในปีต่อมาก็ได้มีการจัดตั้งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ขึ้นมาเป็นหน่วยงานของรัฐที่มีความอิสระคล้ายคลึงกัน เพื่อให้การสนับสนุนการวิจัยทุกสาขา เครือข่ายซึ่งในทศวรรษก่อนหน้านี้เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มมหาวิทยาลัยและหน่วยราชการได้ขยายออกเป็น **"เครือข่ายไตรภาคี"** อันประกอบด้วย มหาวิทยาลัย หน่วยราชการและภาคเอกชน โดยระบบสนับสนุนใหม่เน้นการเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตและผู้ใช้ผลงานวิจัย ระบบนี้สะท้อนนโยบายและแนวความคิดที่ว่า ***วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยได้ผ่านยุคที่การวิจัยมีบทบาทหลักในการสร้างพื้นฐานทั่วไปไปสู่ยุคที่การวิจัยและพัฒนามีจุดหมายในเชิงพัฒนาด้วย*** กล่าวคือมีบทบาทหลักในการปรับปรุงผลผลิตและบริการต่าง ๆที่มีคุณค่าในเศรษฐ-กิจและสังคม นักวิทยาศาสตร์ไทยหลายคนก็ได้พลิกผันจากความเป็น

อาจารย์เพียงอย่างเดียวมาเป็นผู้ให้ปรึกษาแก่อุตสาหกรรมด้วย โครงการวิจัยต่าง ๆ นั้น แทนที่จะเป็นเพียงโครงการวิจัยที่นักวิทยาศาสตร์คิดขึ้นเองตามแนวความสนใจและความถนัดของตนเป็นหลัก ก็พัฒนาเป็นโครงการที่นักวิจัยพยายามดำเนินขึ้นจากความต้องการและปัญหาของภาคการผลิตและการบริการของภาคเอกชนเป็นหลัก นักวิจัยหลายคนในสถาบันวิจัยต่าง ๆที่มีระบบงานที่ดีเริ่มสามารถยึดงานวิจัยเป็นอาชีพหลักได้

ภาคเอกชนซึ่งเป็นผู้ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก็เริ่มตื่นตัวและหันมาให้ความสนใจกับการวิจัยและพัฒนามากขึ้น โดยบริษัทใหญ่ ๆ เช่น บริษัทปูนซีเมนต์ไทย การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย เริ่มจัดตั้งหน่วยวิจัยของตนเองขึ้น รัฐบาลได้ให้การสนับสนุนโดยอนุญาตให้หักค่าใช้จ่ายในการคำนวณภาษีได้มากกว่าเกณฑ์ปรกติ อย่างไรก็ดี ภาคเอกชนยังคงมีการวิจัยและพัฒนาไม่มากนัก และยังคงพึ่งการนำเข้าเครื่องจักรและเทคโนโลยีเป็นหลักอยู่ในขณะเดียวกันภาคประชาชนก็มีความตื่นตัวด้านการพัฒนาและอนุรักษ์ภูมิปัญญาไทยมากขึ้น ซึ่งรวมถึงเทคโนโลยีพื้นบ้านและวิทยาการต่าง ๆ ที่จะทำให้พึ่งตนเองได้ในระบบเศรษฐกิจพอเพียง

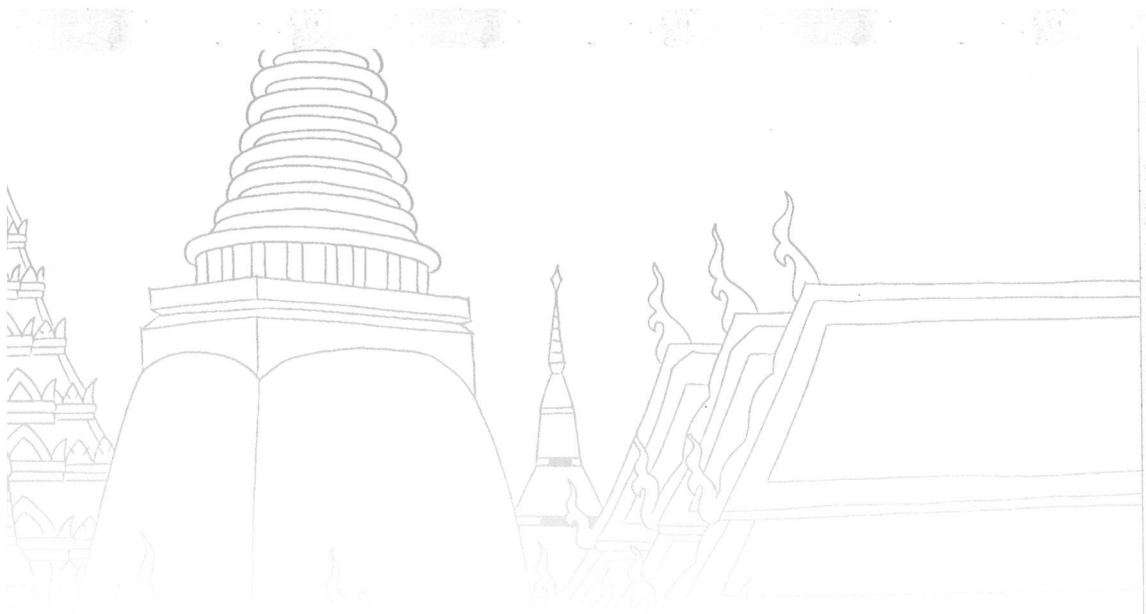
ทศวรรษปัจจุบัน (2540-2549): วิทยาศาสตร์เพื่อนวัตกรรมและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

แม้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยจะได้ก้าวไปไกลพอสมควรเมื่อเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านแต่เมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้วก็ยังอยู่ห่างไกลกันอีกมาก สภาวะทางเศรษฐกิจที่ทรุดลงในระยะต้นทศวรรษทำให้การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประสบความยากลำบากกว่าที่เคยมา แต่การแข่งขันเชิงการค้าระหว่างประเทศที่รุนแรงขึ้นยิ่งทำให้ต้องขวนขวายมากขึ้น เพื่อให้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยสามารถนำไปสู่นวัตกรรมในการผลิตและบริการ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้ดี

ยิ่งขึ้น ช่วงเศรษฐกิจกระเตื้องขึ้นแล้วในปัจจุบันนี้เป็นช่วงที่สำคัญที่จะต้องสร้างความสามารถใหม่ขึ้น ในด้านนโยบายและการจัดการนั้นรัฐบาลได้ให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับเทคโนโลยีสารสนเทศถึงกับจัดตั้งกระทรวงใหม่ขึ้นเพื่อดูแลด้านนี้โดยเฉพาะ นายกรัฐมนตรีได้แสดงเจตนารมณ์สนับสนุนวิทยาการใหม่ๆ เช่น นาโนเทคโนโลยี เทคโนโลยีดิจิตัลและวิทยาการจีโนมิกส์ และได้เน้นบทบาทของเทคโนโลยีเหล่านี้ในเศรษฐกิจและสังคมยุคใหม่ พร้อมกันนี้ได้มีความพยายามในการจัดระบบการสนับสนุนการวิจัยที่มีบูรณาการที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นส่วนสำคัญ และได้มีการจัดตั้งระบบสนับสนุนนวัตกรรม ซึ่งเป็นการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ทำสินค้าและบริการใหม่ๆ ที่สังคมต้องการ

สรุป
สร้างอนาคตจากอดีต

พัฒนาการทั้งหมดนี้แม้จะเกิดขึ้นในทิศทางที่ดีโดยรวม แต่ก็มีอุปสรรคอยู่มาก และบางครั้งก็ถึงกับชะงักงันจากความไม่พร้อมในด้านต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่า ***แม้ในปัจจุบันก็ยังไม่ชัดเจนนักว่าประเทศไทยจะสามารถพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของตนให้อยู่ในสภาพที่จะเป็นปัจจัยสร้างเศรษฐกิจและสังคมได้อย่างจริงจังได้เมื่อใด*** โดยเฉพาะในสภาวการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านวิทยาการเอง และในด้านระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ อย่างไรก็ตาม ***เรามีความจำเป็นต้องสร้างความแข็งแกร่งนี้อย่างหลีกเลี่ยงมิได้*** และในการนี้เราควรเรียนจากประวัติศาสตร์ ควรเข้าใจการเปลี่ยนแปลงและความสำคัญของวิทยาการใหม่ ๆ และควรพยายามพิจารณาว่าจะพัฒนาหรือนำส่วนใดมาใช้ในระบบเศรษฐกิจและสังคมของเรา เพื่อผลประโยชน์ที่สูงที่สุดและเลี่ยงภยันตรายที่อาจมี



๒

การพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในยุคจีโนมิกส์

มรกต ตันติเจริญ
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
และบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เทคโนโลยีกับวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์

เทคโนโลยีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยมีผลกระทบทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ยุคของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบอย่างมหาศาลจนกล่าวว่าเป็นการปฏิวัติทางเทคโนโลยีมีอยู่ 4 ยุค ได้แก่

ยุคที่ 1 การปฏิวัติเขียว ที่มีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการเกษตร ซึ่งทำให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงขึ้น แต่ปัญหาที่ตามมาก็คือการตกค้างของสารเคมี

ยุคที่ 2 การปฏิวัติทางอุตสาหกรรม

ยุคที่ 3 ที่เพิ่งผ่านไป คือ **ยุคของไอทีหรือคอมพิวเตอร์** ที่กำลังมีบทบาทอย่างยิ่งในสังคมไทยทุกระดับ และ

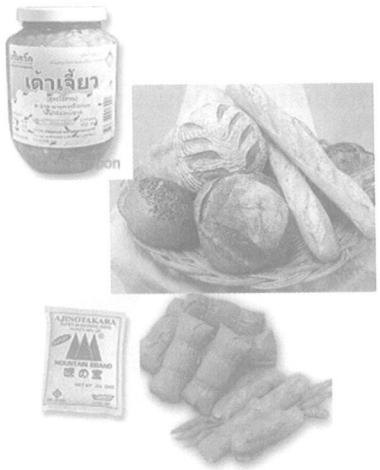
ยุคที่ 4 ที่กำลังเคลื่อนตัวเข้ามาคือ **ยุคจีโนมิกส์** ที่คาดหวังกันว่าจะเป็นการไขความลับของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ พืชและสัตว์ ซึ่งจะมีผลต่อการป้องกันและรักษาโรคของมนุษย์ การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์เพื่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร หรือใช้พืชและสัตว์เป็นโรงงานในการผลิตเวชภัณฑ์ต่าง ๆ เนื่องจากความรู้ที่เกิดจากการศึกษาจีโนมนำไปสู่การประยุกต์ใช้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ จีโนมิกส์จึงเป็นมีความเกี่ยวดองกับเทคโนโลยีชีวภาพอย่างใกล้ชิด จึงกล่าวกันว่า **เทคโนโลยีชีวภาพเป็นคลื่นลูกที่สี่**

เทคโนโลยีชีวภาพกับจุลินทรีย์

ความจริงแล้วเทคโนโลยีชีวภาพไม่ใช่เพิ่งเกิดหรือถูกนำมาใช้ มีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพมาตั้งแต่ 6000 ปีที่แล้วในสมัยบาบิโลเนียน และชาวอียิปต์ เช่น การทำขนมปังและการหมักไวน์โดยดูหลักฐานจากภาพเขียนที่ปิรามิด หรือภาชนะที่ใช้ทำหรือบรรจุที่ถูกค้นพบ เทคโนโลยีชีวภาพแบบนี้เป็นแบบดั้งเดิม (traditional biotechnology)

เทคโนโลยีชีวภาพเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีววิทยาโดยใช้สิ่งมีชีวิตหรือชิ้นส่วนสิ่งมีชีวิตมาเปลี่ยนวัตถุดิบ (มักเป็นผลผลิตทางการเกษตร เช่น แป้ง น้ำตาล) ให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ หรือการใช้เทคโนโลยีในการปรับปรุงพันธุ์สิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตที่นิยมนำมาใช้งาน ก็คือ จุลินทรีย์ เนื่องจากมีขนาดเล็ก โตเร็ว ไม่ต้องใช้เนื้อที่มากในการเลี้ยง (เปรียบเทียบการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์) นอกจากนี้ยังให้ผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ทำเบียร์หรือไวน์ ยีสต์ทำขนมปัง (ยีสต์ใช้น้ำตาลให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ขนมปังขึ้นฟูเมื่อนวดและหมักทิ้งไว้ เมื่อเอาเข้าเตาอบ ก๊าซหลุดออกไปเมื่อหั่นขนมปังเป็นชิ้น ๆ จึงเห็นเป็นรูพรุน)

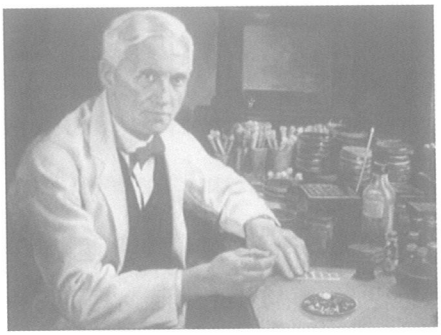


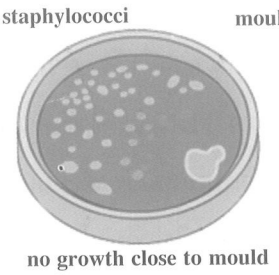
รูปที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ

(http://www.thaitambon.com/tambon/tprdlist.asp?ID=720501, http://www.stonehousebread.com/, http://www.thaitambon.comtambontprdlist.asp?ID=103301, dnfe5.nfe.go.th/.../45301/image/naam7.jpg)

ในสมัยก่อนเป็นการใช้จุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบ เช่น ยีสต์ที่ผลองุ่นใช้ประโยชน์ในการหมักไวน์ อย่างไรก็ดี นอกจากยีสต์แล้วยังมีจุลินทรีย์อื่น ๆ ติดมาด้วย ซึ่งทำให้การหมักไวน์นั้นไม่ได้ผลดี เช่น มีรสเปรี้ยว จากการใช้ความรู้ด้านจุลชีววิทยา ทำให้มีการแยกยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ ออกมาเป็นเชื้อเดี่ยว ๆ และเก็บไว้ใช้งาน ทำให้ไม่เกิดการปนเปื้อน ผลผลิตที่ได้มีกลิ่นรสตามต้องการ ซึ่งขึ้นกับสายพันธุ์ยีสต์แต่ละชนิด ตัวอย่างของอุตสาหกรรมหมักของไทยที่ใช้จุลินทรีย์ มีทั้งใช้จุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในวัตถุดิบและเป็นการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น น้ำปลา เต้าเจี้ยว หรือการใช้จุลินทรีย์ชนิดเดียว หรือที่เรียกว่า เชื้อบริสุทธิ์ ที่แยกมาจากธรรมชาติและเก็บไว้ใช้งาน เช่น การผลิตผงชูรส ไลซีน (เป็นกรดอะมิโนที่ใช้เติมในอาหารสัตว์)

ในการหมักแหนมโดยทั่วไปมักใช้จุลินทรีย์ที่ติดมากับเนื้อสัตว์หรือส่วนผสม นักวิจัยได้ศึกษาว่าจุลินทรีย์ใดเป็นตัวเด่นที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวและกลิ่นดี แล้วพยายามแยกจุลินทรีย์ชนิดนั้นออกมาเลี้ยงในถังหมักให้ได้จำนวนมากแล้วจึงเติมกลับไป เรียกว่า การใช้ “ต้นเชื้อ” หรือ “หัวเชื้อ” (starter culture) ทำให้กระบวนการหมักแหนมเกิดเร็วขึ้น และอาจช่วยลดการเสียที่อาจเกิดจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่นด้วย ทั้งนี้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอาจเป็นสาเหตุก่อโรค ดังนั้นการใช้หัวเชื้อที่เติมลงไปจำนวนมาก ถ้ามีจุลินทรีย์อื่นปนเปื้อน จุลินทรีย์ปนเปื้อนจะโตไม่ทัน หลักการเช่นเดียวกันนี้ได้นำมาใช้กับการทำโยเกิต ปัจจุบันมีแหนมไทยที่ใช้เทคโนโลยีของการใช้หัวเชื้อนี้ ได้แก่ แหนมป้าย่น แหนมไบโอเทค เป็นต้น





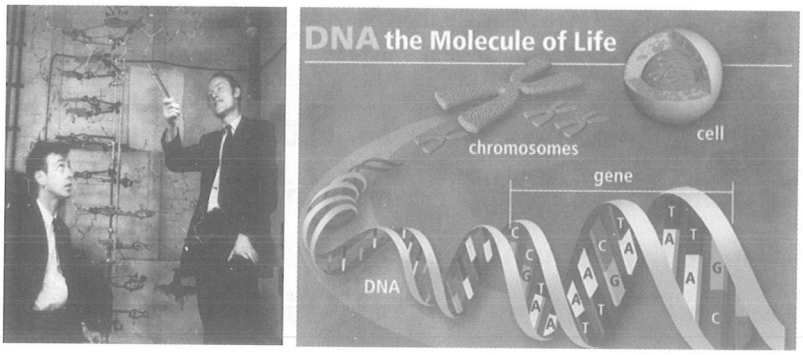
รูปที่ 2.2 อเล็กซานเดอร์ เฟลมมิง ผู้ค้นพบยาเพ็นนิซิลลิน
(http://www.marvistavet.com/ html/body_amoxicillin.html,
http://nobelprize.org/medicine/educational/penicillin/readmore.html)

การค้นพบที่ยิ่งใหญ่อันหนึ่งก็คือ การค้นพบราเพ็นนิซิลเลียมที่ผลิตเพ็นนิซิลลิน โดยอเล็กซานเดอร์ เฟลมมิง ในปี ค.ศ. 1929 และมีการผลิตในปี 1941 ซึ่งใช้เป็นยาปฏิชีวนะช่วยชีวิตคนจำนวนมากในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 การที่จุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทำงานหรือดำรงชีวิตอยู่ได้เนื่องจากปฏิกิริยาหรือกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นภายในเซลล์โดยอาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (เซลล์เป็นหน่วยของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตมีทั้งพวกที่มีเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์) ดังนั้นนอกจากจุลินทรีย์ทั้งเซลล์แล้วยังสามารถใช้เอนไซม์ที่สกัดจากจุลินทรีย์หรือพืชได้โดยตรง เช่น เอนไซม์ย่อยแป้งให้น้ำตาลกลูโคสหรือเด็กโตรส ที่ใช้ในด้านอาหารหรือด้านการแพทย์เอนไซม์จากยางมะละกอทำให้เนื้อเปื่อยนุ่มหรือในการผลิตน้ำผลไม้ก็มีการใส่เอนไซม์ย่อยกาก เส้นใย เพื่อให้น้ำผลไม้ใสและกรองได้ง่าย เอนไซม์ที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม มีการผลิตเอนไซม์อยู่บ้าง เช่น เอนไซม์จากใบสับปะรดเพื่อใช้ย่อยโปรตีน

พันธุวิศวกรรม - จีเอ็มโอ

การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพใหม่เริ่มขึ้นเมื่อวัตสันและคริก พบโครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งดีเอ็นเอนั้นเป็นสารพันธุกรรมที่ถูกบรรจุอยู่ในเซลล์สิ่งมีชีวิตบนสายของดีเอ็นเอมียีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ อยู่มากมาย ทั้งนี้การมียีนอยู่ไม่เพียงพอว่าสิ่งมีชีวิตนั้นจะแสดงคุณสมบัติของยีนนั้นออกมาได้ แต่ยีนต้องมีการทำงาน หรือเรียกว่า มีการแสดงออก มีการสร้างโปรตีนที่จำเพาะ และมีการทำงานของโปรตีน ตัวอย่างโปรตีน เช่น เอนไซม์ ฮอร์โมน ซึ่งก็มีมากมายหลายชนิด

การทำพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) ก็คือ การตัดยีนที่จำเพาะจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งใส่เข้าไปในอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เกิดเป็น transgenic organisms หลายคนรู้จักในนาม **จีเอ็มโอ** ตัวอย่างเช่น การทำพันธุวิศวกรรมในจุลินทรีย์เพื่อใช้จุลินทรีย์เป็นโรงงานผลิตสารที่เดิมมีการสร้างเฉพาะในคนหรือสัตว์ เช่น อินซูลินที่ใช้รักษาเบาหวาน โดยจุลินทรีย์นอกจากจะโตเร็วแล้ว อินซูลินที่ผลิตจากจุลินทรีย์ยังทำให้บริสุทธิ์ได้ง่ายกว่าที่มาจากสัตว์

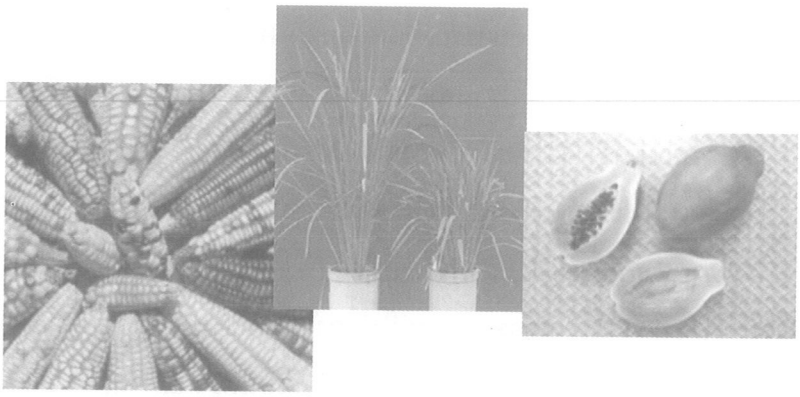


รูปที่ 2.3 วัตสันและคริกพบโครงสร้างดีเอ็นเอ

(http://luminary.stanford.edu/ langridge/slideShow/01.jpg, http://www.paternityexperts.com/ images/DNA-of-life.jpg)

จุลินทรีย์บีทีสามารถผลิตสารพิษที่แมลงมากินบีทีแล้วทำให้แมลงตาย จึงมีการผลิตบีทีเพื่อไปใช้ปราบหนอน เช่น หนอนเจาะสมอฝ้าย เมื่อมีการค้นพบยีนที่สร้างสารพิษนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการตัดยีนนี้จากจุลินทรีย์บีทีและใส่เข้าไปในพืช เช่น ฝ้าย ข้าวโพด พืชจีเอ็มโอที่มียีนจากจุลินทรีย์บีที *(Bacillus thuringiensis)* สามารถผลิตสารพิษฆ่าแมลง เมื่อแมลงมากินพืชก็จะได้รับสารพิษ แล้วตายแบบที่ไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลง ฝ้ายบีทีก็เป็นตัวอย่างหนึ่งของพืชจีเอ็มโอ อีกตัวอย่างหนึ่งที่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย ได้แก่ ไวรัสจุดวงแหวน ที่ทำความเสียหายให้กับการปลูกมะละกอในเมืองไทย นักวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน และกรมวิชาการเกษตร ก็ได้ทำมะละกอจีเอ็มโอที่ทนต่อไวรัสนี้ได้สำเร็จ นอกจากนี้ในต่างประเทศ จีเอ็มโอไก่ก็ถูกใช้เป็นโรงงานผลิตโปรตีนรักษาโรคของคน โปรตีนที่ต้องการนั้นจะถูกผลิตออกมาในไข่ขาว กล่าวกันว่า จีเอ็มโอไก่จะเป็นแหล่งผลิตยาหรือเวชภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ เพราะแม่ไก่แต่ละตัวออกไข่ได้ปีละ 250 ฟอง แต่ละฟองมีไข่ขาว 4 กรัม และในไข่ขาวมีโปรตีนที่ต้องการประมาณ 100 มิลลิกรัม เมื่อนำโปรตีนไปทำให้บริสุทธิ์แล้วโปรตีนจะมีราคาประมาณ 10 เหรียญสหรัฐต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่าที่ผลิตอยู่ในปัจจุบันโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเซลล์สัตว์ถึง 100 เท่า

ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมในการผลิตอาหารและยานั้น มีคนบางกลุ่มที่ต่อต้านผลิตภัณฑ์ที่มาจากการตัดต่อยีนหรือจีเอ็มโอเป็นอย่างยิ่ง แต่อย่างไรก็ตาม ในทุกขั้นตอนการทำวิจัยทางเทคโนโลยีชีวภาพจนได้ผลิตภัณฑ์ ทุกฝ่ายต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ตั้งแต่ในห้องปฏิบัติการ การทดสอบในไร่นา (ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม) ตลอดจนความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเมื่อใช้เป็นอาหาร โดยในการประเมินความปลอดภัยทางอาหาร ก็ได้มีการประเมินหลายอย่าง เป็นต้นว่า คุณค่าทางอาหาร

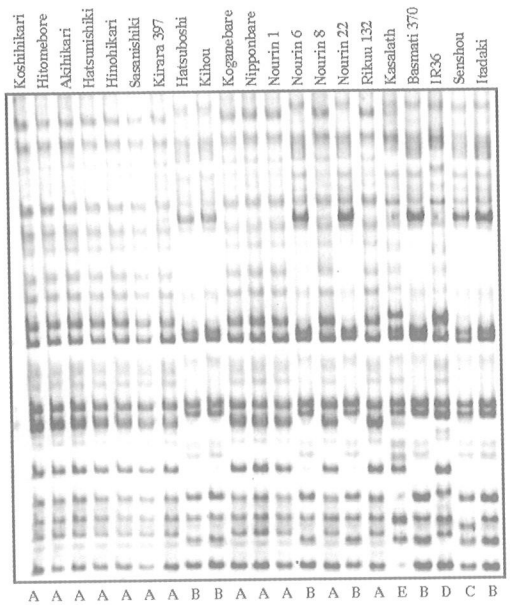


รูปที่ 2.4 ตัวอย่างพืชจีเอ็มโอ
(http://www.foei.org/.../ foei-%5Brights%5D-pt125.jpg,
http://www.nias.affrc.go.jp/ gmo/rice/image1.gif,
http://www.ctahr.hawaii.edu/ seed/images/sunup_mod.jpg)

สารที่ทำให้เกิดการแพ้ ส่วนการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมได้มีการประเมินว่า พืชจีเอ็มโอสามารถผสมกับพืชปกติและมีการถ่ายทอดยีนที่ใส่เข้าไปได้หรือไม่ สารพิษที่ฆ่าแมลงเป้าหมายนั้นมีผลกระทบต่อแมลงอื่นหรือไม่ เหล่านี้เป็นต้น

จากดีเอ็นเอถึงเทคนิคพีซีอาร์

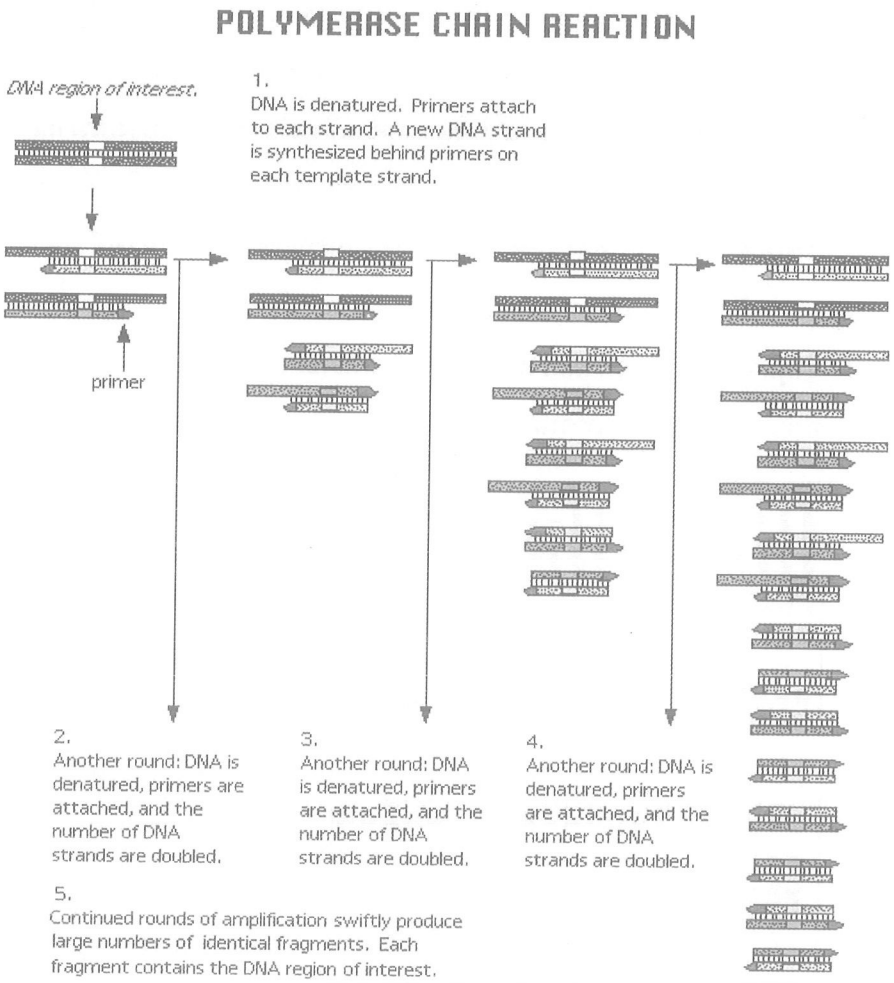
ได้มีการนำความรู้เรื่องดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ในเรื่องเทคนิคพีซีอาร์ หรือปฏิกิริยาลูกโซ่ ซึ่งมาจากการค้นพบว่าดีเอ็นเอสามารถจำลองตัวเองได้ (replication) นักวิทยาศาสตร์จึงพัฒนาวิธีการให้ดีเอ็นเอเพิ่มจำนวนได้เองอย่างรวดเร็วในหลอดแก้ว จากความจำเพาะของดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดและความสามารถในการจำลองตัว เทคนิคพีซีอาร์ได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยหรือการตรวจพิสูจน์บุคคลซึ่งแม้ว่าจะมีตัวอย่างปริมาณน้อยแต่สามารถตรวจได้อย่างแม่นยำ เช่น การตรวจคราบเลือดที่เหลืออยู่เพื่อพิสูจน์ว่าเป็นผู้ที่สงสัยหรือไม่ หรือในกรณีของกุ้งที่เป็นโรคตัวแดงจุดขาวที่เกิดจากไวรัสที่ทำความเสียหายอย่างมากกับอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ นักวิทยาศาสตร์ไทยสามารถคิดค้นวิธีตรวจวินิจฉัยไวรัสในกุ้งได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ และตรวจพบได้ตั้งแต่กุ้งยังไม่แสดงอาการ (มีไวรัสอยู่ในปริมาณน้อย) ทำให้หาวิธีป้องกันได้ก่อนที่กุ้งแสดงอาการของโรคและตายในที่สุด นอกจากนี้ยังใช้ในการตรวจกรองหาไวรัสในพ่อแม่พันธุ์หรือลูกกุ้งก่อนที่จะปล่อยลงบ่อเลี้ยง เพื่อลดความเสี่ยงจากการเป็นโรค



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแถบดีเอ็นเอของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ

(http://www.dna-res.kazusa.or.jp/11/4/05/HTMLA/img54.gif)

นอกจากนี้ยังมีการนำเทคนิคพีซีอาร์มาใช้ตรวจสายพันธุ์พืชและสัตว์ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะแสดงตำแหน่งของแถบดีเอ็นเอเฉพาะ เช่น แถบของข้าวดอกมะลิหรือข้าวสุพรรณ ดังนั้นถ้ามีการปลอมปนของข้าวสองชนิดดังกล่าว จะสามารถบอกได้โดยดูจากแถบเหล่านี้



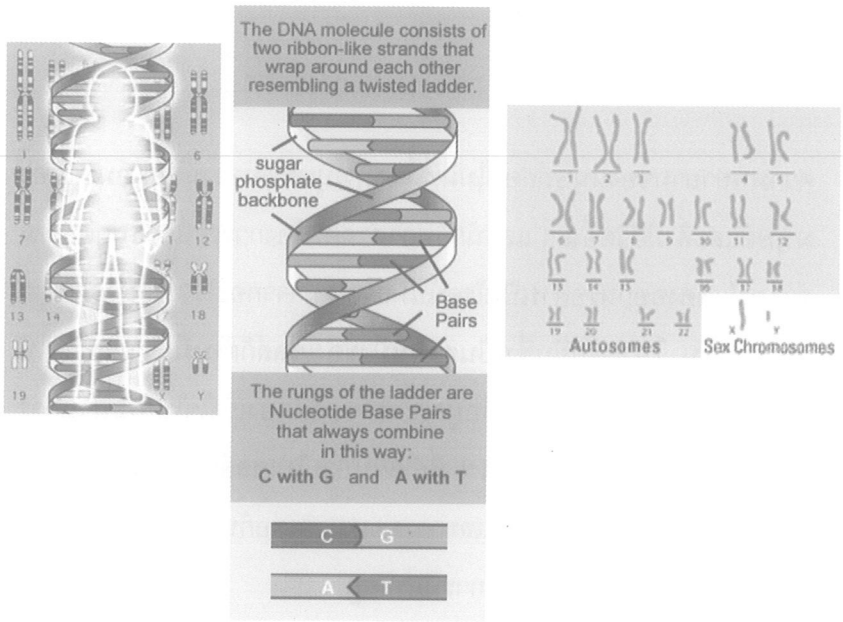
รูปที่ 2.6 เทคนิคพีซีอาร์

(http://www.lunewsviews.com/ bioterrorism/usps/pcr.gif)

โครงการจีโนมสิ่งมีชีวิต

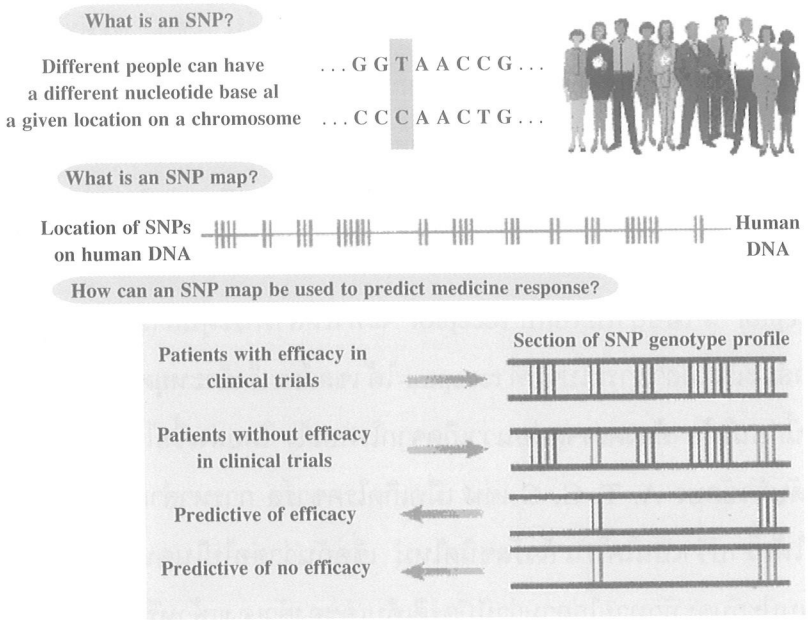
ความพยายามของมนุษย์ย่อมไม่มีที่สิ้นสุด มนุษย์พยายามไขความลับของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และนักวิทยาศาสตร์ต้องการเข้าใจว่าพฤติกรรมต่าง ๆ ที่แสดงออกหรือการเป็นโรคนั้นมีสาเหตุมาจากอะไร? ซึ่งต้องมีข้อมูลหลายระดับ ในระดับยีนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเซลล์ก็ต้องมีความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ของยีน ข้อมูลระดับเซลล์ที่ต้องเข้าใจในกระบวนการเมตาบอลิซึมและปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์รวมกันเป็นอวัยวะและเป็นสิ่งมีชีวิตมีปฏิสัมพันธ์และการตอบสนองต่อกันหรือต่อสิ่งแวดล้อมเกิดการแสดงออกหรือเป็นอาการที่ปรากฏ

โครงการจีโนมสิ่งมีชีวิตเริ่มขึ้นโดยขั้นแรกต้องการหาว่า จีโนมหรือสายดีเอ็นเอทั้งสายของสิ่งมีชีวิตประกอบไปด้วยตัวอักษร 4 ชนิด คือ A, C, T, G อยู่ทั้งหมดกี่ตัว? และมีการเรียงลำดับอย่างไร? เรียกว่าการทำ sequence พบว่า จำนวนตัวอักษรในจีโนมมนุษย์มีอยู่ 3,000 ล้านคู่ (ดีเอ็นเอประกอบด้วยสายเกลียว 2 สายพันกันอยู่ แต่ละสายมีตัวอักษรทั้ง 4 ชนิดเรียงกันโดย A บนดีเอ็นเอสายหนึ่งจับคู่กับ T บนดีเอ็นเอสายสอง และ C จับกับ G) จีโนมข้าวมีตัวอักษร 450 ล้านคู่ ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการหาลำดับตัวอักษรในข้าว ซึ่งเป็นโครงการนานาชาติ ซึ่งประเทศไทยได้ทำในส่วนของโครโมโซม 9 หลังจากที่รู้ว่าตัวหนังสือมีกี่ตัวและเรียงอย่างไรแล้ว ขั้นต่อไปต้องอ่านให้ออกเป็นคำ ๆ เนื่องจากตัวอักษรเหล่านี้ติดกันเป็นพืด ซึ่งสามารถจะอ่านเป็นคำที่แตกต่างกันได้ ถ้าไม่เว้นวรรคในการอ่านให้ถูกต้อง ซึ่งการอ่านที่ต่างกันนั้นก็จะให้ความหมายที่ต่างกันไปด้วย การอ่านคำและการแปลก็เปรียบได้กับการค้นหายีนที่คุมลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ทราบหน้าที่ของยีนนั้น ๆ ก่อนมีการทำจีโนม การค้นหายีนมักหาทีละยีนและใช้เวลานาน ความก้าวหน้าทางจีโนมมีผลทำให้สามารถค้นหายีนได้หลาย ๆ ยีนภายในไม่กี่วัน



รูปที่ 2.7 ดีเอ็นเอ (http://genetics.gsk.com/ graphics/genome-big.gif)

โครงการจีโนมทำให้โฉมหน้าวงการแพทย์เปลี่ยนไป กล่าวคือ จากการรักษาจะเปลี่ยนเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดโรค และใช้ยาที่มีความจำเพาะต่อบุคคลมากขึ้น การเรียงตัวของอักษร 3 พันล้านตัวของมนุษย์แต่ละคนพบว่ามีความแตกต่างเพียง 0.1% ซึ่งเรียกว่า สนิปส์ (SNP: single nucleotide polymorphism) ความแตกต่างนี้มีผลทำให้ยาที่ใช้ในการรักษาโรคในแต่ละคนให้ผลไม่เหมือนกัน ทั้งๆ ที่อาการของโรคคล้ายกัน หรือบางคนจะมีอาการแพ้ยา ถ้าความแตกต่างนี้ไปปรากฏตรงบริเวณที่เป็นยีนที่เกี่ยวกับโรค เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ ก็จะทำให้คนเหล่านั้นเสี่ยงต่อความเป็นโรคดังกล่าวต่างกันไป (สามารถตรวจสนิปส์ก่อนมีอาการของโรคเพื่อดูว่าบุคคลจะเสี่ยงต่อความเป็นโรคนั้นๆ ในช่วงใดช่วงหนึ่งหรือไม่?) ยกตัวอย่าง BRCA 1 และ BRCA 2 เป็นยีนที่เกี่ยวกับมะเร็งทรวงอก ผู้ที่มีความผิดปกติที่ยีนนี้ ถ้าในครอบครัวมีประวัติคนป่วยเป็นมะเร็งบุคคลดังกล่าวก็นับว่ามีความเสี่ยงสูงต่อการเป็นมะเร็งทรวงอก ถ้าในครอบครัวของบุคคลนั้นไม่มีประวัติเป็นความเสี่ยงจะน้อยลงแต่ไม่หมด



รูปที่ 2.8 SNP (http://www.ludwig.edu.au/.../talks/forrest/img012.gif)

สิ้นไปทีเดียว ดังนั้นอาจต้องมีการทำการตรวจสอบยีนเพื่อหาความผิดปกติหรือติดตามการแสดงออกของยีนก่อนที่จะเกิดอาการให้เห็น

การรู้ข้อมูลทางพันธุกรรมแม้มีผลในด้านการป้องกัน (รู้ตัวล่วงหน้า) แต่อาจก่อให้เกิดผลกระทบในด้านจริยธรรม สังคมและกฎหมาย เป็นต้นว่าการจ้างงานหรือการประกันสุขภาพ บางบริษัทอาจไม่ยอมรับคนที่มีความเสี่ยงสูงในการเป็นโรคหัวใจเข้าทำงาน หรือบริษัทประกันอาจไม่ยอมรับทำประกันหรือเรียกเบี้ยประกันสูงขึ้นมาก ประธานาธิบดีคลินตันของสหรัฐอเมริกาได้ออกกฎไม่ให้องค์กรของรัฐบาลใช้ข้อมูลทางพันธุกรรมในการกีดกันเข้าทำงาน อย่างไรก็ดี ฟรานซิส คอลลินส์ คาดการณ์ว่าการตรวจสอบด้านพันธุกรรมจะเป็นที่ต้องการมากขึ้น เนื่องจากคนมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมากขึ้น ไม่ว่าจะเนื่องจากสาเหตุทางพันธุกรรมหรือสหสัมพันธ์ระหว่างยีนและสิ่งแวดล้อม

การที่ยาจำเพาะต่อบุคคลได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น เช่น บริษัทในแคลิฟอร์เนียใช้ต้นยาสูบผลิตยารักษามะเร็งต่อมน้ำเหลือง โดยมีหลักการว่าที่ผิวเซลล์มะเร็งมีแขน หรือ receptor ยื่นออกไป แขนจับนี้มีหน้าที่จับสารที่ไปกระตุ้นให้เซลล์มะเร็งแบ่งตัว โดยแขนจับจะมีความจำเพาะต่อเซลล์มะเร็งของแต่ละคน บริษัทจึงทำการผลิตยาที่มีความจำเพาะต่อ receptor นี้ เมื่อยาไปจับกับ receptor จะทำให้สารกระตุ้นการเจริญของเซลล์มะเร็งไม่สามารถไปจับที่ receptor ได้ เซลล์มะเร็งก็จะหยุดการเจริญ ทั้งนี้ก่อนให้ยาต้องตรวจดูก่อนว่าเกิดจากโรคอะไร โดยส่งเชื้อไปตรวจหาลำดับตัวอักษร A, T, G, C เช่น เมื่อเกิดโรคซาร์ส การหาลำดับจีโนมก็ทำให้ทราบว่าเป็นโคโรนาไวรัสชนิดใหม่ เชื่อกันว่าต่อไปในอนาคตผู้คนที่พบปะกันจะทักทายไถ่ถามว่ามีบัตรดีเอ็นเอของตัวเองแล้วหรือยัง บัตรดังกล่าวจะใช้แทนบัตรประจำตัว ซึ่งก่อนที่หมอสั่งยาก็จะเสียบบัตรดีเอ็นเอ เพื่อสั่งยาให้เหมาะกับแต่ละคนมากที่สุด หรือไม่ให้ยาที่คนไข้แพ้

โครงการจีโนมในประเทศไทย

ประเทศไทยโดยศูนย์ไบโอเทค มหาวิทยาลัยมหิดล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันราชานุกูล ร่วมกับสถาบันซีเอ็นจี ของประเทศฝรั่งเศส ทำการหาสนิปส์คนไทย โดยเลือกคนไทยที่มีสุขภาพดี 32 คน ฐานข้อมูลสนิปส์ของประชากรไทยจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาโรคที่เป็นปัญหาของประเทศ เช่น มาลาเรีย ไข้เลือดออก และธาลัสซีเมีย

ตัวอย่างโครงการด้านจีโนมที่นักวิจัยไทยดำเนินการอยู่ ได้แก่ โครงการโรคกระดูกพรุน ซึ่งโครงการนี้จะหายีนที่เกี่ยวข้องกับโรคกระดูกพรุน และเปรียบเทียบยีนดังกล่าวในคนที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค ถ้าพบว่ามีความแตกต่างกันก็อาจใช้ความแตกต่างนี้ในการตรวจสอบคนก่อนถึงวัยว่ามีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่? เพื่อเฝ้าระวังตัวเมื่อมีอายุมากขึ้น เช่น ระวังการหกล้ม ในเรื่องของโรคมาลาเรีย ผู้ป่วยบางรายเมื่อติดเชื้อจะมีอาการรุนแรง ในขณะที่บางรายไม่แสดงอาการมากนัก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าอาจมียีนของคนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานหรือความรุนแรงต่อเชื้อการศึกษาหายีนดังกล่าวในคนไข้อาจนำไปสู่ความเข้าใจในกลไกการเกิดโรคที่นำไปสู่การรักษาต่อไป

นอกจากโครงการจีโนมมนุษย์ ยังมีโครงการจีโนมพืชและสัตว์เพื่อประโยชน์ทางการเกษตร เนื่องจากความหลากหลายสิ่งมีชีวิตมีตั้งแต่ระดับความแตกต่างในชนิดของสิ่งมีชีวิต ระดับสปีชีส์ จนถึงระดับประชากร (สปีชีส์เดียวกันมีความแตกต่างในระดับสายพันธุ์; strain variation) ในประชากรหนึ่งๆ เช่น ข้าวชนิดหนึ่งที่ปลูกในนา ข้าวบางต้นอาจทนต่อแมลงได้มากกว่าอีกหลายๆ ต้น ซึ่งหมายความว่าต้นที่ทนแมลงอาจมียีนที่มีความต้านทานต่อแมลง ข้อมูลจีโนมจึงจะนำมาใช้ค้นหายีนที่ต้องการโดยอาศัยความหลากหลายของสายพันธุ์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ แหล่งเก็บ

พันธุกรรมไม่ว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ หรือจุลินทรีย์ จึงมีความสำคัญ เพราะสามารถนำออกมาตรวจดูว่ามีพันธุกรรมหรือยีนที่ต้องการหรือไม่? เพื่อนำเอาไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป ทั้งนี้ ในการปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีความหลากหลายสูง เช่น ในกรณีของข้าวที่มีข้าวไร่ ข้าวป่า หลากหลายสายพันธุ์ สามารถเอาข้าวที่มีลักษณะที่ต้องการ เช่น ทนน้ำท่วม มาผสมกับข้าวอีกชนิดหนึ่ง เช่น ข้าวหอมดอกมะลิ เพื่อให้ได้รุ่นลูกที่เป็นข้าวหอมทนน้ำท่วม (ผสมระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ใกล้เคียงกัน) ในสมัยก่อนการคัดเลือกรุ่นลูกที่มีลักษณะต้องการ จำเป็นต้องคอยเวลาเพื่อดูลักษณะที่ปรากฏ เช่น คอยให้ออกเมล็ดเพื่อดูว่ามีความหอมหรือไม่? การปรับปรุงพันธุ์จึงใช้เวลานาน แต่จากการรู้ตำแหน่งของยีนที่ต้องการหรือมีเครื่องหมายที่อยู่ใกล้ยีนนั้น ทำให้สามารถตรวจหาได้ว่าในต้นอ่อนที่คัดเลือกได้มียีนต่าง ๆ ที่ต้องการอยู่หรือไม่? โดยวิธีที่เรียกว่า***เครื่องหมายพันธุกรรม*** (marker assisted selection) ร่วมกับวิธีผสมพันธุ์แบบปกติ ทำให้เวลาที่ใช้ในการคัดเลือกในแต่ละรุ่นลดลงมาก การปรับปรุงพันธุ์จึงเร็วขึ้น มีตัวอย่างงานของนักวิจัยไทย อาทิ ผสมข้าวหอมดอกมะลิกับข้าวที่ทนโรคขอบใบแห้ง แล้วใช้โมเลกุลเครื่องหมายคัดเลือกต้นที่เป็นข้าวหอมและทนต่อโรคขอบใบแห้ง ซึ่งถ้าค้นหาลักษณะดี ๆ จากสายพันธุ์ข้าวหลายชนิดแล้วนำมาผสมกับข้าวหอมดอกมะลิ คาดว่าผลสุดท้ายอาจได้ข้าวหอมที่มีลักษณะดี ๆ หลายอย่างอยู่ในต้นเดียวกัน เรียกว่า ***การทำยีนปิรามิด***

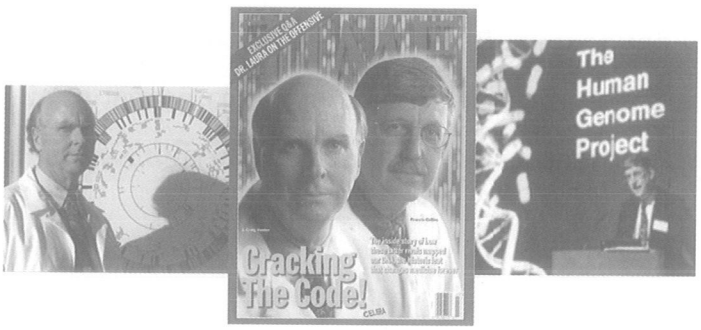
สิ่งมีชีวิตบางพวกมีความหลากหลายน้อย จนไม่สามารถปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้นโดยการผสมข้ามระหว่างพวกเดียวกันการจะนำไปผสมกับสิ่งมีชีวิตอื่นที่ไกลกันแต่มียีนที่ต้องการโดยวิธีผสมแบบปกติจึงทำไม่ได้ ต้องมีการใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า ***พันธุวิศวกรรมในการปรับปรุงพันธุ์*** ตัวอย่างเช่น ข้าวที่ผ่านการทำพันธุวิศวกรรมให้มีวิตามินเอสูง โดยใช้ยีนที่สร้างเบต้า

แคโรทีน (สารต้นกำเนิดวิตามินเอ) จากต้นแดฟโฟดิลและแบคทีเรีย ใส่เข้าไปในต้นข้าว เมล็ดข้าวที่มีวิตามินเอสูงมีสีเหลืองจึงเรียกว่า ข้าวสีทอง มีอีกหลายตัวอย่างของการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ของประเทศไทย อาทิ ข้าวทนเค็ม กล้วยไม้สีน้ำเงิน เครื่องหมายโมเลกุลใช้คัดพันธุ์มะเขือเทศทนโรคเหี่ยว ข้าวโพดทนราน้ำค้าง ถั่วเหลืองทนราสนิม การผลิตโมโนโคลโนลแอนติบอดีเพื่อใช้วินิจฉัยโรคพืชและสัตว์ เช่น ไวรัสหัวเหลืองในกุ้ง เทคนิคพีซีอาร์ตรวจเชื้อ เช่น ตรวจการปนเปื้อนของเชื้อในเมล็ดพันธุ์เพื่อการส่งออกหรือนำเข้า ตรวจวัตถุดิบ เช่น ถั่วเหลืองหรือข้าวโพดว่าเป็นจีเอ็มโอหรือไม่? และเทคโนโลยีจีโนมเพื่อค้นหายีนในข้าว เป็นต้น การตระหนักว่าการทำจีโนมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดใช้เงินจำนวนมาก จึงต้องเลือกตัดสินใจว่าควรเลือกทำอะไรจากสิ่งมีชีวิตในโลกหลากหลายชนิดเชื่อกันว่าสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดที่มีวิวัฒนาการออกไปหลายสายต่างมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตเดียวกัน พวกที่อยู่ใกล้กัน (สายเดียวกัน) ยีนหรือโปรตีนที่มีหน้าที่เดียวกันระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในกลุ่มนี้มีโครงสร้างที่มีความคล้ายกันมากกว่ายีนชนิดเดียวกันของสิ่งมีชีวิตกลุ่มที่ไกลออกไป เมื่อพิจารณาในสิ่งมีชีวิตกลุ่มธัญพืช การที่ข้าวมีขนาดจีโนมเล็กที่สุดจะทำให้การลงทุนในการทำจีโนมน้อยกว่าพืชอื่นและไม่สลับซับซ้อน ข้าวจึงถูกใช้เป็นแบบอย่างในการศึกษาจีโนม เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาธัญพืชอื่น ๆ ต่อไป (การศึกษาจีโนมเชิงเปรียบเทียบ)

ไบโออินฟอร์มาติกส์

เนื่องจากข้อมูลจีโนมมีจำนวนมาก การค้นหาและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ต้องใช้ศาสตร์คอมพิวเตอร์เข้าช่วย ที่เรียกว่า ***ไบโออินฟอร์มาติกส์*** (biology + computer, in silico biology) มีการเปรียบเทียบยุค ไบโออินฟอร์มาติกส์กับยุคตื่นทองในแคลิฟอร์เนีย ซึ่งในยุคตื่นทองคนที่รวยไม่ใช่นักขุดทอง แต่เป็นบริษัท ลีวายส์ ที่ขายกางเกงยีนส์ กับบริษัทที่ขายเครื่องมือขุดให้กับนักตื่นทอง ในยุคไบโออินฟอร์มาติกส์เป็นยุคของข้อมูล เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับยีน โปรตีน ซึ่งอาจนำไปสู่การค้นพบยาชนิดใหม่ ข้อมูลจึงเป็นเสมือนขุมทรัพย์ที่บริษัทยาก็ต้องการข้อมูลไปพัฒนายา ทั้งที่ไม่แน่ใจว่าจะได้ยาหรือไม่ก็ตาม

ผู้ที่เปรียบเสมือน "เจ้าพ่อ" โครงการจีโนมมนุษย์มี 2 คนคือ เครก เวนเทอร์ ซึ่งอยู่ฝ่ายบริษัท (Celera) กับฟรานซิส คอลลินส์ ที่ทำโครงการของรัฐเพื่อถอดรหัสพันธุกรรมมนุษย์ ข้อมูลที่ได้จากโครงการของรัฐเปิดให้สาธารณะใช้ฟรี แต่ของเอกชนนั้นแม้บอกว่าข้อมูลดิบนั้นฟรี แต่ถ้าใช้



รูปที่ 2.9 "เจ้าพ่อ" โครงการจีโนมมนุษย์ เครก เวนเทอร์และฟรานซิส คอลลินส์
(http://www.ornl.gov/.../ images/Collins_2843.jpg,
http://www.achievement.org/.../ col1/large/col1-005.jpg,
http://www.forbes.com/.../ 10/j.craig_vente_270x200.jpg)

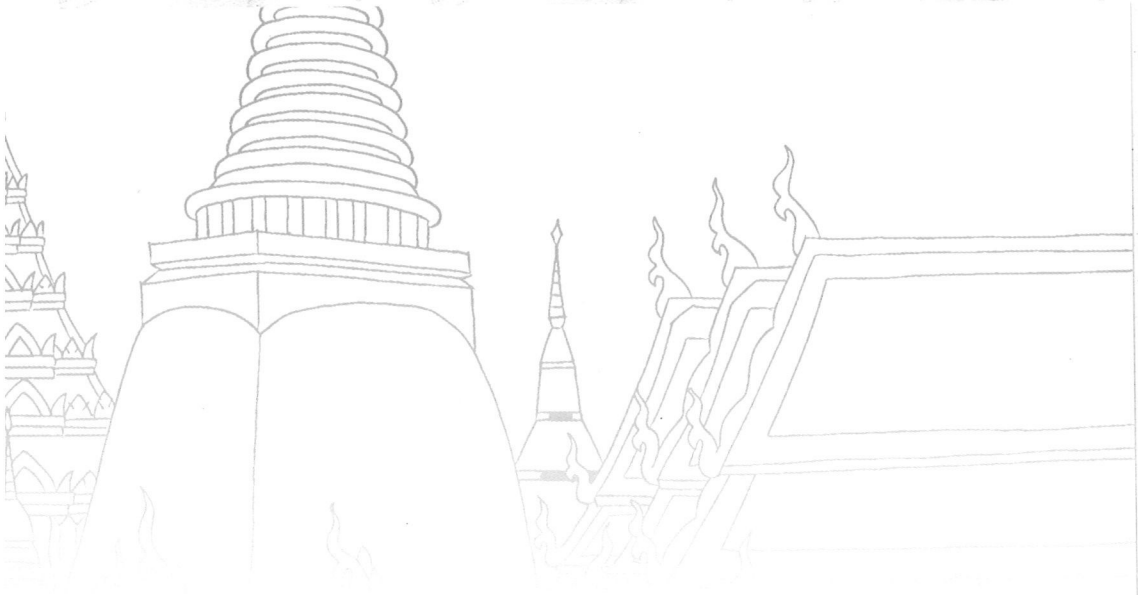
ข้อมูลที่วิเคราะห์แล้วหรือใช้บริการต่าง ๆ เช่น ซอฟต์แวร์ที่แปลข้อมูลก็ต้องจ่ายค่าบริการ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลของยีนสามารถกล่าวได้ว่ามีค่าเช่นเดียวกับข้อมูลทางด้านการเงิน Celera ค้นพบกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับความดัน และรู้ว่าแต่ละยีนมีหน้าที่อย่างไร? ตัวอย่างข้อมูลเหล่านี้ถ้าบริษัทยาต้องการเข้าถึงเพื่อใช้พัฒนายาก็ต้องจ่ายเงิน แต่ถ้าเป็นองค์กรรัฐที่ไม่มุ่งผลประโยชน์ที่ต้องการจะใช้ข้อมูลก็จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลค้นหายีนของเชื้อโรคเพื่อเป็นเป้าหมายการพัฒนายาที่ใช้ทำลายเชื้อโรคที่ต้องการ เช่น กรณีเชื้ออี โคไล จากจีโนมคาดว่ามียีนประมาณ 4,289 ยีน ที่มีความสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคในคน เมื่อนำกลุ่มยีนนี้ไปเปรียบเทียบกับกลุ่มยีนของเชื้อที่ก่อโรคในคนในหลาย ๆ ชนิด พบว่าใน 4,289 ยีนของอี โคไล มี 246 ยีนที่เหมือนกับที่พบในเชื้อกลุ่มก่อโรคทั้งหมด ซึ่งหมายความว่า ยีนกลุ่มนี้สำคัญกับเชื้อในการทำให้เกิดโรคกับคน อย่างไรก็ตาม ถ้าจะหายามายับยั้งการทำงานของยีนเหล่านี้ ยาต้องไม่มีพิษต่อคน จึงพิจารณาต่อไปว่าใน 246 ยีนนั้น มียีนใดบ้างที่ไม่พบในคน เพื่อจะได้ใช้เป็นเป้าต่อ พบว่า มีอยู่ 68 ยีน ขั้นตอนทั้งหมดทำได้ในคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นก็ไปทำการทดลองตรวจสอบหาหน้าที่ของยีนว่า ถ้าไม่มียีนนั้น ๆ อยู่ เชื้อจะยังมีคุณสมบัติในการก่อให้เกิดโรคหรือไม่? ผลสุดท้ายจาก 4,289 ยีน เหลือเพียง 3 ยีนเท่านั้นที่เป็นเป้าหมายที่จะเลือกเพื่อพัฒนายาที่จะทำลายอี โคไล

อาจารย์วราภรณ์ สามโกเศศ แสดงให้เห็นยุคการพัฒนาและการเติบโตของเทคโนโลยีว่าในยุคที่ผ่านมามีการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นอย่างมาก ทำให้ในขณะนี้เก็บเกี่ยวและใช้ผลประโยชน์จากการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวได้มากมาย ในขณะที่***ยุคเทคโนโลยีชีวภาพ*** หรือ***วิทยาศาสตร์ชีวิต*** (Life sciences) กำลังพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และใน

อีก 10-20 ปีข้างหน้าจะมีความเป็นปึกแผ่นมาก เนื่องจากในยุคที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพนี้เทคโนโลยีสารสนเทศมีการพัฒนาสูงสุด การใช้สารสนเทศมาพัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีชีวภาพ จะทำให้เกิดผลมหาศาล หรือยิ่งใหญ่กว่ายุคสารสนเทศ ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ ***เศรษฐกิจชีวภาพ*** ถึงแม้จะมีข้อมูลมากมายจากโครงการจีโนม แต่ถ้ายังขาดความเข้าใจในข้อมูลเหล่านี้ ก็จะทำให้ไม่สามารถบรรลุผลในแง่ของการผลิตผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ดี นักวิเคราะห์มองว่าองค์ความรู้จะนำไปสู่ความสำเร็จในการผลิตผลิตภัณฑ์และการรักษาโรค และมั่นใจว่าสิ่งเหล่านี้เป็นวัฏจักร และในขณะนี้เป็นยุคแห่งการค้นหาความรู้ ประเทศต่าง ๆ จึงมีการลงทุนทำวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีชีวภาพและให้ความสำคัญอย่างมาก

สรุป

มูลค่าสินค้าเทคโนโลยีชีวภาพของโลกในปี 2543 ประมาณ 58 พันล้านดอลล่าร์ ประมาณว่าการเติบโตของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพตกประมาณปีละ 12-20% ในโลกแห่งการแข่งขัน การพัฒนาเทคโนโลยี-ชีวภาพในยุคนี้เป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง (ในแง่ของการแพทย์ แนวโน้มเป็นการป้องกันมากกว่ารักษา และเป็นยาที่มีความจำเพาะต่อบุคคลมากขึ้น) เทคโนโลยีทำให้มนุษย์ปรับปรุงสิ่งมีชีวิตให้มีลักษณะที่ต้องการ เทคโนโลยีทำให้คนมีอายุยืนขึ้น การดูแลสุขภาพจึงเป็นเรื่องสำคัญ (แนวโน้มอาหารเสริมสุขภาพ การให้บริการทางด้านการดูแลผู้สูงอายุ) ดังนั้น ***หลังจากปีทองด้านไอที ผ่านไป เทคโนโลยีชีวภาพกำลังเป็นคู่แข่งที่มาแรงทีเดียว***



๓

ความหลากหลายทางชีวภาพ และสิ่งแวดล้อม

มาลี สุวรรณอัตถ์
มูลนิธิสวิตา และบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

บทนำ
ทำความเข้าใจเรื่อง
ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม

มิติเชิงซ้อนของของความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม

เมื่อเอ่ยถึง ***ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม*** หากพิจารณาแต่เพียงผิวเผินตามตัวหนังสือและเหลียวมองรอบ ๆ ตัวเรา ดูเสมือนหนึ่งว่าจะเป็นเรื่องที่เข้าใจได้ง่ายและมองเห็นได้ชัด แต่โดยความเป็นจริงแล้วทั้งสองเรื่องนี้เป็นภาพเชิงซ้อนที่มีหลากหลายมิติ ทั้งในทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม ศาสนา วัฒนธรรม การเกษตรและเศรษฐกิจ หรือแม้แต่การเมืองในบางกรณี และในสภาพที่เป็นจริง ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมมิติต่าง ๆ เหล่านี้ ยังมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างลึกซึ้ง การพูดถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมในสังคมไทย จึงจำเป็นต้องพึงตระหนักในกรอบแนวคิดดังกล่าวด้วยเป็นเบื้องต้น

ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมมีทั้งความเหมือนและความแตกต่างที่มีความเชื่อมโยงกันในเชิงเหตุและผลอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งหนึ่งจะส่งผลกระทบต่ออีกสิ่งหนึ่งเสมอตามหลักพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของ***กิริยาและปฏิกิริยา***

ภายใต้กรอบกฎหมายของไทย ***สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งแวดล้อมทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ*** (*พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535*) ซึ่งหมายรวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพด้วย ความหลากหลายทางชีวภาพจึงถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมทางกายภาพตามธรรมชาติในระดับมหภาคนั้น จะครอบคลุมตั้งแต่ส่วนของเปลือกโลกที่เป็นดิน หิน แร่ จากใต้ดินถึงภูเขา (ภาคธรณี) ส่วนที่เป็นแหล่งน้ำหรือของเหลวทั้งทะเลและน้ำจืด(ภาคอุทก) ไปจนถึงส่วนที่เป็นอากาศและบรรยากาศ (ภาคบรรยากาศ) โดยอาจเปรียบได้กับแนวคิดในสังคมไทยเกี่ยวกับ "ธาตุทั้งสี่" ได้แก่ ดิน น้ำ ลม ไฟ ที่เป็นแนวคิดที่มีมาช้านาน ในเรื่องใกล้ตัวเปรียบได้กับ ดิน ฟ้า อากาศและน้ำ ในสังคมมนุษย์ สิ่งแวดล้อมทางกายภาพยังรวมถึงวัตถุทุกชนิดที่มนุษย์สร้างขึ้นอีกด้วย กล่าวคือ ในความเป็นจริงของชีวิต คนมักต้องมีชีวิตอยู่กับวัตถุ ในเรื่องนี้ ธีรยุทธ บุญมี มองว่า ***"ชีวิตต้องอยู่กับวัตถุเสมอ เพราะธรรมชาติชีวิต คือ หน่วยที่มีความสามารถ (ในการผลิตและทำลาย) ชีวิตอยู่โดด ๆ ไม่ได้แต่ต้องอยู่ร่วมกับชีวิตอื่น ๆ"***

สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพตามธรรมชาติ ก็ครอบคลุมบริเวณที่สรรพสิ่งมีชีวิตทั้งหลายรวมทั้งมนุษย์อาศัยอยู่ (ภาคชีวภาพหรือชีวมณฑล – biosphere) มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ด้วยกันเองที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรม ทั้งในระดับชุมชนไปจนถึงระดับโลก ระหว่างมนุษย์กับสัตว์ พืชและจุลินทรีย์ อีกทั้งยังมีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันทั้งในลักษณะของการทำลายและเกื้อกูลกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามหลักวิทยาศาสตร์ว่าด้วยห่วงโซ่อาหารในธรรมชาติ

คำว่า ***"ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม"*** โดยทั่วไปจึงใช้บรรยายถึงสภาพโดยรวมของสรรพสิ่งมีชีวิตทั้งมวลที่มีจำนวนมากมายและมีความแตกต่างกันในหลายลักษณะดังกล่าว รวมถึงความสัมพันธ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมหรือภูมิลักษณะที่อยู่อาศัย ที่ในตัวของมันเองก็มีความแตกต่างหลากหลายอย่างมากเช่นกัน จึงไม่น่าแปลกใจที่เราจะพบเห็นและรับทราบอยู่เสมอว่า คนในสังคมที่อาศัยพึ่งพิงใกล้ชิดอยู่กับธรรมชาติ

จะมีความเข้าใจและตระหนักถึงคุณค่าของสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพได้เป็นอย่างดี มากกว่าคนในสังคมเมืองที่มักจะประสบปัญหาสิ่งแวดล้อมทางกายภาพเสียเป็นส่วนใหญ่ เช่น น้ำเสียและอากาศเป็นพิษ อย่างไรก็ดี สังคมไทยโดยรวมยังจำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจร่วมกันในวงกว้างเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ไกลไปจากตัว โดยเฉพาะในยุคโลกาภิวัตน์เช่นในปัจจุบัน

ในบทความนี้ จะมุ่งกล่าวเน้นถึงสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพเป็นส่วนใหญ่ เพราะมีแนวโน้มว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่มีส่วนเพิ่มความซับซ้อนในเรื่องนี้มากยิ่งขึ้น

ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติไม่เคารพกฎพรมแดน

ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติโดยทั่วไปมีความเชื่อมโยงถึงกันตามกฎเกณฑ์ของธรรมชาติ โดยไม่สัมพันธ์กับกฎระเบียบในเรื่องพรมแดน เช่น นกและแมลงบินข้ามประเทศและทวีปในการย้ายถิ่นตามฤดูกาล ในขณะที่น้ำและอากาศไหลและพัดผ่านพรมแดนตามลักษณะภูมิอากาศและภูมิศาสตร์ เป็นต้น ปรากฏการณ์ตามธรรมชาตินี้ก่อให้เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบเชิงนิเวศระหว่างประเทศและระหว่างภูมิภาค ซึ่งจะมีผลต่อการพิจารณาแนวนโยบายความร่วมมือระหว่างประเทศในระดับหนึ่งด้วย ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติดังกล่าวจึงควรได้รับการพิจารณาเอาใจใส่ทั้งจากสังคมโลกและสังคมไทย มีความพยายามเรียนรู้เพื่อให้เกิดปัญญาสำหรับนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการทำความเข้าใจร่วมกัน และหากจำเป็นก็สามารถร่วมกันกำหนดเป็นกฎระเบียบสังคมต่อไปได้

ด้วยเหตุนี้ หน่วยงานทางวิชาการจึงได้มีความพยายามศึกษาสำรวจ เพื่อสามารถบ่งชี้หรือกำหนดเขตพื้นที่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ด้านความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม ทั้งในระดับโลกและระดับภูมิภาค ในระดับโลกนั้น องค์กร World Wide Fund for Nature (WWF) ซึ่งเป็นองค์กรระดับโลกที่ทำงานด้านธรรมชาติวิทยาเกี่ยวกับพืชและสัตว์ของโลกมานาน ได้จำแนกพื้นที่ภาคพื้นดินของโลกในเชิงภูมิลักษณะนิเวศของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างหลากหลายออกได้ถึง 867 ภูมิภาคนิเวศ (eco-region) และแนวคิดนี้ได้รับการยอมรับโดยองค์การสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมสำหรับยึดถือเป็นแนวทางในการส่งเสริมการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม ในระดับอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง มีภูมิภาคนิเวศที่หลากหลายรวมกันมากถึง 40 พื้นที่ เส้นแบ่งเขตภูมิภาคนิเวศจึงแตกต่างจากเส้นแบ่งแยกพรมแดนระหว่างประเทศ

มีข้อมูลที่น่าสังเกตว่า พื้นที่นิเวศที่มีความสมบูรณ์ทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพสูงของไทยมีความเชื่อมโยงเชิงภูมินิเวศกับประเทศเพื่อนบ้านรอบด้านอย่างมีนัยสำคัญ ภายใต้ภูมินิเวศของภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (ความความตระหนักในเรื่องนี้ และการมีส่วนร่วมของสังคมไทยในการ "พัฒนา"พื้นที่ชายแดนจึงอาจเกิดผลกระทบโดยตรงต่อสถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญเหล่านี้ เช่นเดียวกับที่ว่า ***ความเข้าใจร่วมกันทั้งในระดับชาติ ระดับภูมิภาคและระดับโลก มีความจำเป็นในการทำให้เกิดความร่วมมือในการดูแลรักษาและใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมเพื่อส่วนรวมอย่างยั่งยืนและเป็นธรรม***

ในเชิงแหล่งน้ำ ในระดับอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (ซึ่งรวมหนึ่งจังหวัดและ 5 ประเทศ) มีแม่น้ำโขงไหลจากมณฑลยูนนานของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ผ่านประเทศพม่า ไทย สาธารณรัฐประชาชนลาว กัมพูชา และเวียดนาม สำหรับประเทศไทย ยังมีแม่น้ำสาละวินซึ่งมีจุดตั้งต้นจากจีน ไหลผ่านพม่าและไทย เป็นต้น แม่น้ำโขงและแม่น้ำสาละวินนี้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม **"3 แม่น้ำไหลเคียง"** ในมณฑลยูนนานที่ได้รับการรับรองให้เป็นพื้นที่มรดกโลก

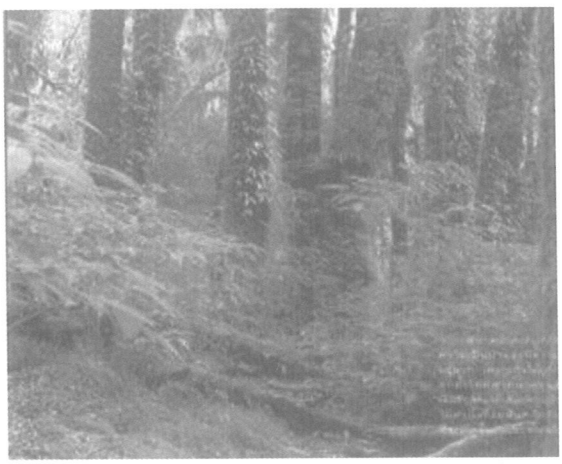
ในเชิงพื้นที่ประเทศไทยมีเขตพื้นที่ภูมินิเวศเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้านทุกด้านพื้นที่นิเวศที่มีความสำคัญสูงเชิงนิเวศเป็นพิเศษสำหรับประเทศไทย คือ พื้นที่นิเวศทางทิศตะวันตกที่ติดต่อกับประเทศเมียนมาร์ ได้แก่ ***ผืนป่าตะวันตก*** ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 12 ล้านไร่ ***เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย*** มีความอุดมสูงด้านความหลากหลายทางชีวภาพ มีอุทยานแห่งชาติในพื้นที่ถึง 11 แห่ง และเขตรักษาพันธุสัตว์ป่า 6 แห่ง ใจกลางของพื้นที่ ได้แก่ ***เขตพื้นที่รักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง*** และ***รักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร*** มีพื้นที่

รูปที่ 3.1 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง
(http:/www.thaiautomag.com/2-12-04-1offroad.jpg)

รูปที่ 3.2 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร
(http://www.thaitambon.com/.../610704/610704-A85.jpg,
http://www.thungyai.org/thai/forest/birds/index.htm,
http://www.thungyai.org/images/fall/takeantong02.jpg,
http://www.thungyai.org/images/orchid/orchid021.jpg)

ที่เป็นป่าไม้ครอบคลุมกว่าร้อยละ 80 ได้รับการยกย่องให้เป็น***เขตพื้นที่มรดกโลก*** (World Heritage Site)

พื้นที่ที่มีระบบนิเวศสำคัญและความอุดมสมบูรณ์สูงด้านความหลากหลายทางชีวภาพอีกแห่งหนึ่งที่ควรกล่าวถึง คือ ***พื้นที่ป่าดิบชื้นฮาลา-บาลา*** ในจังหวัดยะลาและนราธิวาส ทางภาคใต้ของประเทศ มีเนื้อที่กว้างถึง 270,725 ไร่ และติดต่อกับพื้นที่ป่าในประเทศมาเลเซีย ทั้งนี้เพราะการศึกษาสำรวจวิจัยยังมีจำกัดเมื่อเทียบกับพื้นที่ผืนป่าตะวันตก



รูปที่ 3.3 ป่าดิบชื้น
(http://www.petchprauma.com/contents/hunters/social.html)

เมื่อพิจารณาในภาพรวม ประเทศไทยมีความได้เปรียบในด้านความหลากหลายทางชีวภาพ เพราะนอกจากจะมีความหลากหลายทางชีวภาพจากนิเวศเฉพาะในประเทศแล้ว ยังมีส่วนร่วมในความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศเพื่อนบ้านที่มีภูมินิเวศร่วมกันโดยรอบอีกด้วย ประเทศไทยจึงเป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพของอนุภูมิภาคที่สมบูรณ์ในระดับหนึ่ง ในขณะเดียวกันก็อาจเสียเปรียบในด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ บางประการ โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวกับแม่น้ำโขง ทั้งทางด้านโครงสร้างทางกายภาพของแผ่นดิน คุณภาพและปริมาณของน้ำ การเคลื่อนย้ายของสัตว์น้ำ และการพังทลายของดิน เป็นต้น ในส่วนที่น่ายินดี คือ รัฐบาลยูนนานได้เสนอคำเรียกร้องให้มีการวางแผนการอนุรักษ์อย่างเป็นระบบ รวมทั้งการเสริมสร้างงานวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างโครงการก่อสร้างใหญ่ ๆ กับการอนุรักษ์ระบบนิเวศให้สามารถดำเนินไปอย่างเหมาะสม มีสมดุล

สถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพ และสิ่งแวดล้อมของไทยในบริบทโลก และผลกระทบต่อสังคมไทย

ความเสื่อมโทรมของความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมในสังคมไทย

ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพของโลกและของประเทศได้รับการกล่าวถึงกันอย่างสม่ำเสมอและอย่างกว้างขวาง ทั้งในสื่อสาธารณะ ในการประชุมเชิงวิชาการเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม และในกลุ่มนักอนุรักษ์ธรรมชาติ

กล่าวโดยพื้นฐานทางวัฒนธรรม สังคมและเศรษฐกิจ สังคมไทยเป็นสังคมชนบท และเป็นสังคมการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ ในเชิงประชากรประมาณร้อยละ 80 อาศัยในชนบท จึงมีวิถีชีวิตที่เกี่ยวพันกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการดำรงชีวิต ในเชิงสร้างสรรค์ วัฒนธรรมทางการเกษตรทำให้สังคมไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพด้านการเกษตรสูง เพราะชุมชนชนบทที่มีวัฒนธรรมหลากหลาย โดยเฉพาะในถิ่นที่มีชาวเผ่าต่าง ๆ อาศัยอยู่ ***การส่งเสริมการพัฒนาโดยการเกษตรแผนใหม่จึงเป็นเหตุสำคัญอย่างหนึ่งในการทำลายความหลากหลายทางชีวภาพของชาติด้านการเกษตร ก่อนที่จะได้มีการศึกษาสำรวจและประเมินรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบ*** มีการสรุปบทเรียนไว้ว่า มีการพัฒนาที่ไม่สมดุล และเร่งการเติบโตทางเศรษฐกิจในช่วงเวลาสั้น ๆ ขาดมุมมองด้านการจัดการด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ดี

ตัวอย่างการเสื่อมสลายของความหลากหลายทางชีวภาพและการเสื่อมสภาพของสิ่งแวดล้อมที่ปรากฏชัด มีผลกระทบเชิงลบสูงต่อประเทศต่อสังคมไทยโดยรวม และต่อชุมชนที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะ ได้แก่ การสูญเสียพื้นที่ป่าอย่างมากและรวดเร็วในระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา กล่าวคือ พื้นที่ป่าลดลงโดยเฉลี่ยปีละ 2.4 ล้านไร่ ในภาพรวม คือ ลดลงจากร้อยละ 40 เหลือเพียงร้อยละ 25 ของประเทศ มีพื้นที่ประสบภัยแล้งสูงถึงปีละ 1.0–1.5 ล้านไร่ และหากพิจารณาในลักษณะระบบนิเวศเฉพาะ พบว่ามีการสูญเสียระบบนิเวศป่าชายเลนที่มีความหลากหลายสมบูรณ์เกือบทั่วประเทศ ในช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2518–2539) พื้นที่ป่าชายเลนได้ถูกทำลายสูงถึงครึ่งหนึ่ง จากประมาณ 2 ล้านไร่ (กว่าร้อยละ 80 อยู่ในภาคใต้ของประเทศ) เหลือเพียงประมาณ 1 ล้านไร่ ส่วนใหญ่จากการใช้พื้นที่อย่างไม่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งๆ ที่ป่าชายเลนให้ผลประโยชน์แก่สังคมได้นานับประการ ตั้งแต่ทำหน้าที่เป็นแหล่งผลิตอาหารแบบยั่งยืนไปจนถึงการทำหน้าที่เป็นเกราะกำบัง และลดความรุนแรงของคลื่นลมชายฝั่ง ช่วยดักตะกอน กำจัดสิ่งปฏิกูล (ฟอกอากาศ) และสารพิษ เป็นต้น ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงการเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญและเป็นแหล่งให้ความรื่นรมย์ เพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับคนในสังคมไทยโดยรวม

นอกจากนั้นยังมีปัญหาดินเค็มในภาคอีสาน ซึ่งครอบคลุมประมาณ 1 ใน 3 ของพื้นที่ในภาค ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการจัดการน้ำและจัดการพื้นที่เพื่อการเกษตรก้าวหน้า ปัญหาทางโครงสร้างกายภาพในส่วนกรุงเทพฯ ที่มีการทรุดตัว และปัญหาแหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพในหลายพื้นที่ รวมทั้งพื้นที่ทะเลสาบสงขลาที่มีลักษณะระบบนิเวศเฉพาะและมีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของชุมชนและสังคมโดยรอบ

ประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่วิกฤตด้านความหลากหลายทางชีวภาพของโลก

ความเสื่อมโทรมของความหลากหลายทางชีวภาพและสภาพแวดล้อมโดยรวมของโลกยังคงเป็นปัญหาที่ยังมีการกล่าวถึงกันอยู่อย่างสม่ำเสมอเช่นกัน ถึงแม้จะดูเหมือนว่ามีความตื่นตัวกันมากในสังคมโลกจากการประชุมสุดยอดว่าด้วยสิ่งแวดล้อมโลกและการพัฒนาอย่างยั่งยืนตั้งแต่เมื่อปี พ.ศ. 2535 เป็นต้นมา ในภาพรวมในระดับโลก มีการวิเคราะห์รวบรวมแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในทางลบอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับสภาพของอากาศ น้ำและดิน รวมทั้งพื้นที่ที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตสำคัญหลายแห่งของโลกในช่วงศตวรรษที่ 20 วารสารเนชันแนลจีโอกราฟิก ฉบับภาษาไทย ได้จัดพิมพ์สารคดีชุดพิเศษเจาะลึกถึงสภาพและปัญหาความเสื่อมโทรมของพื้นที่ซึ่งถูกรุมเร้าด้วยปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กำลังคุกคามพื้นที่ชีวมณฑล (และความหลากหลายทางชีวภาพ) ของโลกจากการกระทำของมนุษย์ และจากรายงานสารคดีชุดสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพและปัญหาน่าห่วงของดินแดนที่ถูกคุกคามที่สุดในโลกเมื่อปี พ.ศ 2545 ปรากฏว่า นักสำรวจวิจัยส่วนใหญ่เห็นตรงกันว่าปัจจุบันอัตราการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรวดเร็วกว่าอัตราการถือกำเนิดของสิ่งมีชีวิตใหม่อย่างน้อย 100 เท่า ผู้เชี่ยวชาญหลายคนเชื่อว่าถ้าสิ่งแวดล้อมโลกยังถูกทำลายและเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ ประมาณครึ่งหนึ่งของชนิดสิ่งมีชีวิตที่ยังเหลืออยู่ในปัจจุบันอาจสูญพันธุ์ภายในสิ้นศตวรรษนี้ อีกทั้งยังมีรายงานถึงความถดถอยของความพยายามแก้ไขร่วมกันในหลายมาตรการที่สำคัญ

เมื่อพิจารณาในรายละเอียดจากตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ พบว่า ***ความหลากหลายทางชีวภาพกระจุกตัวอยู่ในพื้นที่เพียงส่วนน้อยของโลก ซึ่งหากรักษาพื้นที่เหล่านี้ไว้ได้ก็จะสามารถปกป้องพืชและสัตว์โลกที่ถูกคุกคามได้ในระดับหนึ่ง*** นักชีววิทยาด้านอนุรักษ์เรียกดินแดนเหล่านี้ว่าเป็น**แดนวิกฤต** โดยหมายถึงเป็นสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่มีสิ่งมีชีวิต

รูปที่ 3.4 พื้นที่วิกฤต 25 แห่งรอบโลก

ชนิดต่าง ๆ อาศัยอยู่มาก แต่ถูกคุกคามสูง ***แดนวิกฤตที่กล่าวถึงนี้ครอบคลุมถึงพื้นที่ในเขตอินโดจีน ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย โดยเป็น 1 ใน 25 แดนวิกฤตที่น่าเป็นห่วงมากที่สุด*** ที่น่าเป็นห่วงและน่าสนใจในขณะเดียวกันคือ พื้นที่วิกฤตเหล่านี้ครอบคลุมพื้นที่เพียงร้อยละ 1.4 ของพื้นที่โลก แต่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ประมาณร้อยละ 35 และพืชถึงร้อยละ 44

การที่ตระหนักว่าประเทศไทยอยู่ในแดนวิกฤตของโลกในด้านความหลากหลายทางชีวภาพนี้ เป็นทั้งวิกฤตและโอกาสของประเทศในเวลาเดียวกัน เพราะในด้านหนึ่ง อาจถูก "คุกคาม" จากอิทธิพลของมนุษย์มากขึ้นและเร็วขึ้น ทั้งจากภายในประเทศเองและจากภายนอกภายใต้กรอบ "ความร่วมมือ" ด้านการอนุรักษ์ ด้านเศรษฐกิจ หรือด้านความมั่นคง แต่หากประเทศเร่งรัดความพร้อม มีภูมิคุ้มกันที่เหมาะสมทันการณ์และสร้างความได้เปรียบ ก็จะสามารถเปลี่ยนวิกฤตเป็นโอกาสสำหรับประเทศเกิดประโยชน์ต่อสังคมไทยโดยรวมได้ ทั้งนี้การขาดข้อมูล ความรู้ เทคโนโลยีที่เหมาะสม และขาดการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบจึงเปรียบเสมือนว่า ***ประเทศไทยเรามี "ขุมทรัพย์" ใหญ่หลายแห่ง แต่ยังขาด "ลายแทง" ที่ถูกต้องน่าเชื่อถือ*** สำหรับสำรวจประเมินคุณค่าทรัพยากรชีวภาพที่หลากหลายเพื่อการใช้ประโยชน์ให้ถูกต้อง เหมาะสม คุ้มค่า ทันการณ์ และยั่งยืน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเร่งรัดการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อสำรวจสถานภาพความมีอยู่ของความหลากหลายทางชีวภาพอย่างเป็นระบบ ประเมินคุณค่าของความหลากหลายของทรัพยากรชีวภาพเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์อย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาผลิตผลและผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีคุณภาพและคุณค่าสูง การเตรียมภูมิคุ้มกันและความพร้อมให้กับสังคมไทย รวมทั้งการเสริมสร้างภาวะผู้นำให้แก่ประเทศไทยในภูมิภาคด้วย

บทบาทวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมในสังคมไทย

การผสมผสานองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่กับภูมิปัญญาพื้นบ้าน

การผสมผสานองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่กับภูมิปัญญาพื้นบ้านเป็นพื้นฐานสำคัญของกรอบแนวคิดสากลด้านความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลถึงประเทศและสังคมไทย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการทำให้เกิดมิติเชิงซ้อนของกรอบแนวคิดด้านความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม ในที่นี้หมายถึงความรู้ที่ผสมผสานเชิงบูรณาการที่เหมาะสมระหว่างวิทยาศาสตร์ (พื้นบ้าน) ที่หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในเรื่องสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติของมนุษย์ อันได้มาจาก การสังเกต การสัมผัสและการรับถ่ายทอดกันมา กับวิทยาศาสตร์ในเชิงวิชาการ (ที่เข้าใจกันอยู่ในปัจจุบัน) ในการแสวงหาความเข้าใจ เหตุและผลของปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างเป็นระบบ วิทยาศาสตร์เชิงวิชาการในที่นี้หมายถึง ความรู้ที่ได้มาอย่างเป็นระบบ ซึ่งอาจรวมถึงวิทยาศาสตร์ทางสังคม เศรษฐกิจและการเมืองด้วย

ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อโลกและมวลมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง และเป็นที่ตระหนักกันเป็นอย่างดีในกลุ่มชนที่ดำรงชีวิตอยู่ท่ามกลางธรรมชาติมาเป็นเวลายาวนาน เช่น กลุ่มชนชาวพื้นเมืองต่าง ๆ ที่ตระหนักถึงความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ประจำวันของเขาเอง ในลักษณะปัจจัยสี่ คือ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรค ต่อมาเมื่อวิทยาการและองค์ความรู้ทาง

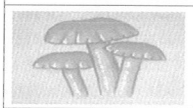
ธรรมชาติวิทยาก้าวหน้ามากขึ้น จึงเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในเหตุและผลในเชิงวิชาการ จนมีการยอมรับกันกว้างขวางมากขึ้นในกลุ่มชนระดับต่าง ๆ โดยเฉพาะในแวดวงวิชาการธรรมชาติวิทยาว่า ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์อย่างลึกซึ้งเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อมโดยรวม ซึ่งทำหน้าที่ร่วมและประสานสัมพันธ์กันช่วยค้ำจุนการดำรงอยู่อย่างยั่งยืนของสรรพสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป รวมถึงการดำรงอยู่ของเผ่าพันธุ์ของมนุษย์

ในปัจจุบัน วิทยาการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นในอัตราที่รวดเร็ว ในบางครั้งในลักษณะก้าวกระโดด สาเหตุหนึ่งมาจากการบูรณาการของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายสาขา การพัฒนาหรือดูดซับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่จึงยากเกินกว่าที่บุคคลใดบุคคลหนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งจะรับได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงด้วยการสังเกต สัมผัสด้วยตนเองและถ่ายทอดต่อ ๆกันไป ด้วยเหตุนี้ในปัจจุบันการแบ่งปันข้อมูล การแบ่งและร่วมกันศึกษาหาความรู้เพื่อสังคมจึงเป็นแนวทางที่จำเป็นและเหมาะสม

การบูรณาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำไปสู่การจัดระเบียบสังคมโลก: อนุสัญญาโลกว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ

กรอบแนวคิดและความหมายของคำว่า**ความหลากหลายทางชีวภาพ** มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง จากแต่เดิมที่ใช้คำเต็มในภาษาอังกฤษว่า biological diversity มีความหมายจำกัดในเชิงวิทยาศาสตร์ในมิติเชิงเดี่ยวที่แคบ ซึ่งเข้าใจว่าเริ่มใช้โดย E.A. Norse and R.E. McManus ในปี พ.ศ. 2523 ในลักษณะจำกัดในกลุ่มชุมชนของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจึงครอบคลุมเพียงแต่ด้านพันธุกรรมและด้านนิเวศของแต่ละชนิดพันธุ์นั้น ๆ ต่อมาได้ขยายครอบคลุมถึงสภาพความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในความหมายที่พัฒนาขึ้นจากเดิมตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักของความหลากหลายทางชีวภาพ

Group	Known x1000	Expected x1000	% of current global	% of expected global
	40	45	2.2	0.3
	1400	11000	74.7	76.2
	270	300	14.4	2.1
	80	1500	4.3	10.3
	84	1600	4.5	11.1

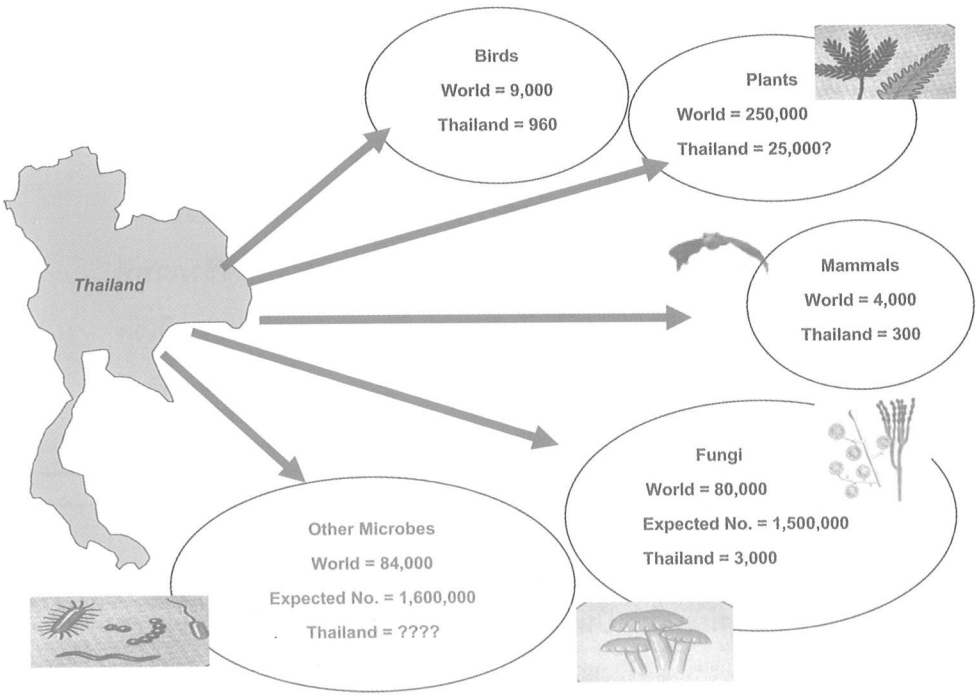
สำหรับกรอบแนวคิดและศัพท์ภาษาอังกฤษแบบย่อที่ใช้ในปัจจุบันคือ คำว่า **biodiversity** มีที่มาจาก W.G. Rosen เมื่อปี พ.ศ. 2528 เริ่มใช้ในการเตรียมการสำหรับประชุมเวทีระดับชาติ (อเมริกา) ในปี พ.ศ. 2529 ซึ่งรายงานประชุมดังกล่าวก่อให้เกิดความสนใจในหมู่นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสาขาอื่น ๆ ในเวลาต่อมา แล้วขยายแวดวงกว้างขวางขึ้นตามลำดับในกลุ่มประชาคมโลก จนในที่สุดได้มีข้อสรุปร่วมกันถึง***ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีความเชื่อมโยงกันในระดับโลก และความจำเป็นในการที่ต้องมีความร่วมมือกันจัดระเบียบโลกในการผดุงไว้ซึ่งความหลากหลายนี้***ในการประชุมสุดยอดของสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (UN Conference on Environment and Development–UNCED) ที่เมืองริโอ ดิจาเนโร ประเทศบราซิล ในปี พ.ศ. 2535 จนเกิดเป็น***อนุสัญญาโลกว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ*** (Convention on Biological Diversity–CBD) เพื่อกระตุ้นและเร่งรัดการเผยแพร่ ส่งเสริมการทำความเข้าใจ และดำเนินมาตรการในเรื่องดังกล่าวทั้งในระดับโลกและระดับชาติ อย่างเป็นระบบประสานกัน อีกทั้งได้ให้มีระบบการติดตามความคืบหน้าในเรื่องนี้เป็นประจำทุกปีด้วยการจัดทำรายงานสถานภาพ รวมทั้งยังมีการประชุมสุดยอดในช่วงอีก 10 ปีต่อมา ดังที่เรียกว่า การประชุมสุดยอดว่าด้วยการพัฒนาอย่างยั่งยืน หรือ Rio+10 ที่ประเทศแอฟริกาใต้ในปี พ.ศ. 2545

ประเทศไทยได้ร่วมลงนามให้ความเห็นชอบในหลักการในการประชุมสุดยอดเมื่อปี พ.ศ.2535 แต่ได้ให้สัตยาบรรณรับรองอนุสัญญาในปลายปี พ.ศ. 2546 โดยมีผลอย่างเป็นทางการเมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 เป็นลำดับที่ 181 หลังจากมีการถกเถียงกันอย่างกว้างขวางและยาวนานตั้งแต่ระดับกลุ่มชนจนถึงระดับรัฐสภาจนเกิดความเข้าใจร่วมกันในสังคมไทย

อย่างไรก็ดี สังคมไทยมีความตื่นตัวในเรื่องนี้ในระดับหนึ่ง และได้จัดให้มีความเตรียมพร้อมใหม่ๆ ในหลายด้าน รวมทั้งการส่งเสริมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ที่จำเป็น เช่น

- ตรา**พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535** ซึ่งนับเป็นความพยายามครั้งแรกของประเทศไทยในการจัดการปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบแต่ทั้งนี้ยังมุ่งเน้นในส่วนสิ่งแวดล้อมทางกายภาพเป็นสำคัญ
- บัญญัติสิทธิ เสรีภาพและหน้าที่เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากร-ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพไว้เป็นกรอบพื้นฐานสำหรับ รัฐ ประชาชนและชุมชน ใน **รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2540**
- **พระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542** ซึ่งสามารถให้ความคุ้มครองทั้งพันธุ์พืชป่าพันธุ์พืชพื้นเมืองและพันธุ์พืชใหม่ที่พัฒนาหรือสร้างขึ้นใหม่โดยเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ **(แต่ไม่ครอบคลุมถึงจุลินทรีย์)**
- สนับสนุนให้มีโครงการศึกษาวิจัยแบบบูรณาการ คือ **โปรแกรมพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากร-ชีวภาพในประเทศไทย** (Biodiversity Research and Training Program - BRT) อันเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการกระตุ้นและพัฒนาการศึกษาวิจัยในลักษณะเชื่อมโยงในมิติต่างๆ เป็นครั้งแรก รวมทั้งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ และการพัฒนาการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพในระดับที่ก้าวหน้าและเป็นระบบขึ้น

- การจัดตั้ง**กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม** เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมทั้งกายภาพและชีวภาพ ซึ่งรวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพด้วย แต่ยังไม่ครอบคลุมทั่วถึงในการกำกับดูแลความหลากหลายทางชีวภาพในระดับสายพันธุ์หรือวัสดุชีวภาพพันธุกรรมอื่น ๆ ที่พัฒนามาจากทรัพยากรชีวภาพที่หลากหลายของประเทศ

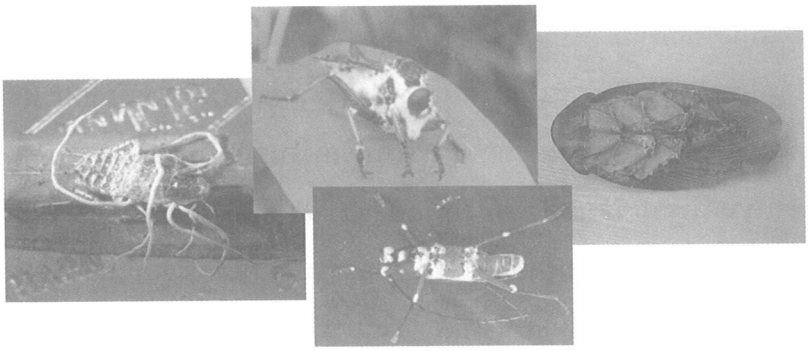


รูปที่ 3.5 ปริมาณของความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย

วิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่นำไปสู่วิวัฒนาการของกรอบแนวคิดด้านการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพแนวใหม่

ความหลากหลายทางชีวภาพในสภาพปัจจุบันนี้ เป็นผลจากวิวัฒนาการมาอย่างยาวนาน ทั้งโดยการสืบต่อกันมาตามกระบวนการทางธรรมชาติ และโดยการเปลี่ยนแปลงโดย**อิทธิพลของมนุษย์** ซึ่งรวมถึงความสามารถของนักวิทยาศาสตร์ในการดัดแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดให้เกิดความหลากหลายมากขึ้นด้วย

สิ่งมีชีวิตที่คนทั่วไปมองเห็นและมีความเข้าใจได้ชัดเจนถึงความแตกต่าง ได้แก่ พืชและสัตว์ ซึ่งรวมถึงมนุษย์ ***ในขณะที่ยังมีสิ่งมีชีวิตที่เรามองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งเรียกรวมๆ กันว่าจุลินทรีย์ ที่มีจำนวนและความหลากหลายสูงมาก*** การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพที่เรารู้จักกันดี จึงได้แก่การอนุรักษ์ในถิ่นที่อยู่อาศัย *(in situ)* ในระบบนิเวศตามธรรมชาติ โดยการจัดให้มีป่าชุมชน อุทยานแห่งชาติ เขตสงวนพันธุ์สัตว์ป่าและป่าสงวนแห่งชาติ เป็นต้น ในส่วนสิ่งมีชีวิตแต่ละประเภทหรือชนิด ก็ได้มีการรวบรวมมาเก็บรักษาไว้ในที่ปลอดภัย ทั้งในลักษณะมีชีวิต เช่น ในสวนพฤกษศาสตร์ สวนสัตว์หรือคลังจุลินทรีย์ และในลักษณะไม่มีชีวิต เช่น หอพรรณไม้ เป็นต้น ทั้งนี้เพราะในเชิงลึกสิ่งมีชีวิตนอกจากจะมีความแตกต่างกันทางรูปร่างหน้าตาที่มองเห็นภายนอกแล้ว ยังมีความแตกต่างกันโดยพื้นฐานทางพันธุกรรมที่มีลักษณะเฉพาะและสืบต่อกันมาอีกด้วย ความแตกต่างทางชีวภาพจึงครอบคลุมถึงความแตกต่างทั้งในส่วนประกอบทางพันธุกรรมในชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ในกลุ่มหรือชุมชนและในประชากร



รูปที่ 3.6 ราที่ทำลายแมลง (insect fungi)

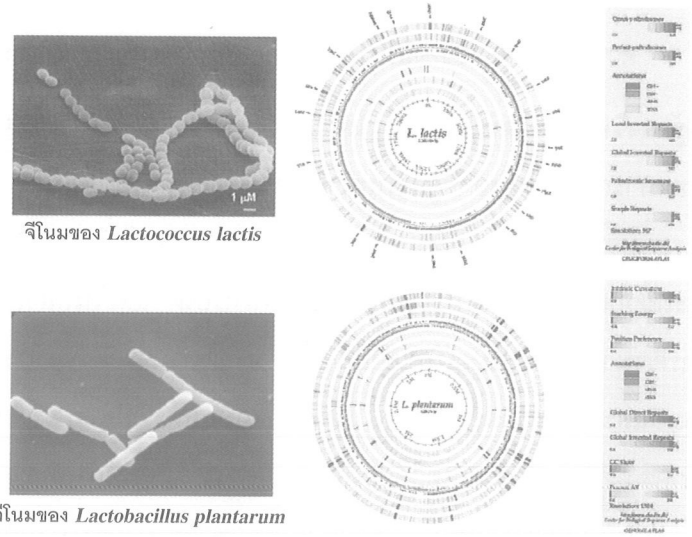
นักวิชาการจึงได้จำแนกความหลากหลายทางชีวภาพไว้เป็น 3 ประเภท หรือระดับ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจถึงความแตกต่างและความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ ได้แก่

- ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตทางระบบนิเวศ/นิเวศวิทยา (Ecological diversity)
- ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตทางชนิดพันธุ์ (Species diversity)
- ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตทางพันธุกรรม (Genetic diversity)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ ทำให้การสงวนรักษาสามารถทำได้ในหลายรูปแบบมากยิ่งขึ้น ตั้งแต่ระดับเนื้อเยื่อ ระดับเซลล์ ระดับชิ้นส่วนจีโนม ยีน และระดับสารพันธุกรรม (ดีเอ็นเอ) รวมทั้งสามารถฝากเก็บยีนจากสิ่งมีชีวิตอื่นไว้กับจุลินทรีย์ได้ และในหลายกรณีที่มีการศึกษาวิเคราะห์ประเมินเชิงลึกเพิ่มเติม ยังสามารถสงวนรักษาในรูปข้อมูลและสูตรโครงสร้างของยีน หรือสารออกฤทธิ์ที่มีคุณค่าสำคัญที่ผลิตจากสิ่งมีชีวิตบางชนิดได้อีกด้วยที่สำคัญยิ่งกว่านั้นคือโอกาสที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรชีวภาพของชาติได้อีกทางหนึ่ง เกิดประโยชน์แก่สังคมไทยทั้งโดยรวมและเฉพาะชุมชนได้ในกรณีที่สามารถบันทึกหลักฐาน

ทางภูมิศาสตร์และหรือประวัติทางภูมิปัญญาเพื่อจดสิทธิ์ความเป็นเจ้าของไว้เป็นหลักฐาน การสงวนรักษาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในลักษณะที่มีความละเอียดมากขึ้นนี้ เรียกว่า **การอนุรักษ์ในรูปแบบรหัสและข้อมูลจำเพาะในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์** (*In silico* Conservation) ช่วยให้ประเทศสามารถสงวนรักษาสายพันธุ์ สาร และรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่สำคัญและอาจสูญพันธุ์เพื่อการใช้ประโยชน์ในอนาคตได้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ซึ่งรวมถึงไม่เฉพาะแต่เพียงจีโนมิกส์ นาโนเทคโนโลยีและเทคโนโลยีสารสนเทศล้วนมีบทบาทสำคัญและศักยภาพสูงในการเพิ่มขีดความสามารถของประเทศในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืนและคุ้มค่า ทั้งนี้โดยมีความเข้าใจและคาดหวังร่วมกันในสังคมไทยว่าจะสามารถจัดให้มีกลไกและมาตรการที่เหมาะสมในทางกฎหมาย คุณธรรมและจริยธรรมที่เหมาะสมในการบริหารจัดการเพื่อประโยชน์ของประเทศชาติโดยรวม



จีโนมของ *Lactococcus lactis*

จีโนมของ *Lactobacillus plantarum*

รูปที่ 3.7 จีโนมของ *Lactococcus lactis* และ จีโนมของ *Lactobacillus plantarum*

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพใหม่สร้างโอกาสใหม่ให้กับสังคมไทยด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

ความก้าวหน้าแบบก้าวกระโดดของการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพและเทคโนโลยีชีวภาพ กอปรกับการบูรณาการของวิทยาการแขนงต่าง ๆ โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศที่เชื่อมโยงกันมากขึ้น ทำให้กรอบแนวคิดเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพขยายความสำคัญในรายละเอียดลึกซึ้งมากขึ้นในหลายมิติดังนี้

- ความหลากหลายทางชีวภาพที่หลากหลายของประเทศ**เป็นแหล่งสำหรับแสวงหาความรู้ใหม่**ที่สำคัญในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ ความรู้เกี่ยวกับชนิดพันธุ์ใหม่ ๆ รวมถึงปรากฏการณ์ กระบวนการและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ตั้งแต่ระดับถิ่นอาศัยไปจนถึงระดับชีวโมเลกุลของสิ่งมีชีวิต หรือที่ในปัจจุบันนิยมเรียกกันอย่างกว้าง ๆ แต่มีความหมายลึกซึ้งว่า **ชีววิทยาศาสตร์** ซึ่งหมายถึงชีววิทยาเชิงลึกและบูรณาการนั่นเอง
- ความหลากหลายทางชีวภาพ นอกจากเป็นแหล่งปัจจัยสำคัญสำหรับช่วยดำรงไว้หรือฟื้นฟูซึ่งความสมดุลของธรรมชาติแล้ว ยังเป็น**ฐานทรัพยากรชีวภาพที่สำคัญสำหรับรองรับแนววิถีชีวิตชุมชนแบบเศรษฐกิจพอเพียงและยั่งยืน**
- ความหลากหลายทางชีวภาพ **ทรัพยากรชีวภาพและชีววิทยาศาสตร์ มีบทบาทสำคัญมากขึ้นอย่างรวดเร็วในทางธุรกิจและการค้าในยุคใหม่ ยากแก่การขีดเส้นแบ่งให้ชัดเจนระหว่างประโยชน์เพื่อการศึกษาวิจัยพื้นฐาน และประโยชน์เชิงพาณิชย์** สังคมไทยจึงต้องมีความพร้อมในการทำความเข้าใจเพื่อร่วมกันบริหารจัดการให้เหมาะสม

- ความเชื่อมโยงของความหลากหลายทางชีวภาพในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกไม่สามารถปิดกั้นด้วยเขตพรมแดนหรือกฎหมายระหว่างประเทศ แต่สามารถจัดการให้เกิดประโยชน์ร่วมกันได้ด้วยความร่วมมือและการเจรจาต่อรอง โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวกับสิทธิ (รวมถึงสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญา) และการแบ่งปันผลประโยชน์ ความร่วมมือในเวทีภูมิภาคและเวทีโลกจึงเป็นกลไกสำคัญในการดำเนินยุทธศาสตร์การบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศและของโลกโดยรวม

- ประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เช่น ประเทศไทย และมี**การวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ทรัพยากรชีวภาพ จะมีความได้เปรียบ**ในการเจรจาต่อรองด้านสิทธิและการแบ่งปันผลประโยชน์ในลักษณะ "หุ้นส่วน" มากขึ้น

- ความหลากหลายทางชีวภาพและทรัพยากรชีวภาพจะเป็นผลผลิตสำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพในอนาคต และเป็นพื้นฐานของ "สินค้าและบริการชีวภาพสมัยใหม่" ในลักษณะที่เป็นส่วนประกอบและตัวของตัวเอง ทั้งในรูปชีววัสดุ ชีวโมเลกุล ข้อมูล ความรู้ (ตั้งแต่ภูมิปัญญาพื้นบ้านจนถึงความรู้ใหม่ในบทบาทของยีนของสิ่งมีชีวิต) และสิทธิ (ทั้งในรูปทรัพยสิทธิ์ทรัพย์สินทางปัญญาและสิทธิในการเข้าถึง) ในลักษณะสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมสายพันธุ์ใหม่หรือจีเอ็มโอ (GMO) และผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ไม่ธรรมชาติ (Unnatural natural products) อันหมายถึง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ แต่ได้จากกระบวนการผลิตทางนวัตกรรมเทคโนโลยีชีวภาพใหม่ที่ไม่เป็นธรรมชาติ

สรุป

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ให้ความรู้ โอกาสและทางเลือกใหม่แก่สังคมไทยในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพของชาติอย่างยั่งยืนโดยที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเพียงมิติหนึ่งของความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมของสังคมไทย ซึ่งเป็นมิติเชิงซ้อน ***บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในสังคมไทยในด้านนี้จึงมีขีดจำกัด***ภายใต้กรอบความคิดดังกล่าว

บทบาทที่สำคัญที่สุดของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่สำหรับสังคมไทย จึงเป็นการสร้างและเพิ่มพูนพัฒนาองค์ความรู้ให้กับสังคมไทยโดยรวม เพื่อช่วยนำสังคมไทยไปสู่สังคมแห่งความรู้ที่เท่าทันต่อเหตุการณ์และสถานการณ์ ในยุคสังคมแห่งความรู้

ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพและมนุษย์ในสังคมไทยมีความสำคัญต่อสถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมของประเทศเป็นอย่างมาก ทั้งนี้อาจมองได้เป็น 2 ลักษณะคือ ในลักษณะแรกเป็นความสัมพันธ์ในฐานะที่มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตเช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เช่น พืช หรือสัตว์ ซึ่งต่างก็เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งขององค์รวมความหลากหลายทางชีวภาพหรือในระบบนิเวศ และอีกลักษณะหนึ่งเป็นความสัมพันธ์ในลักษณะพิเศษในฐานะที่มนุษย์เป็น **"สัตว์ประเสริฐ"** เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถที่จะจัดการอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมให้เกิดมีผลกระทบทั้งทางบวกและลบต่อพลวัตและความสมดุลของระบบนิเวศได้แตกต่าง หรือมากกว่าสิ่งมีชีวิตประเภทอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ***ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับความหลากหลายทางชีวภาพในลักษณะพิเศษเช่นนี้ จึงมีความสำคัญ***

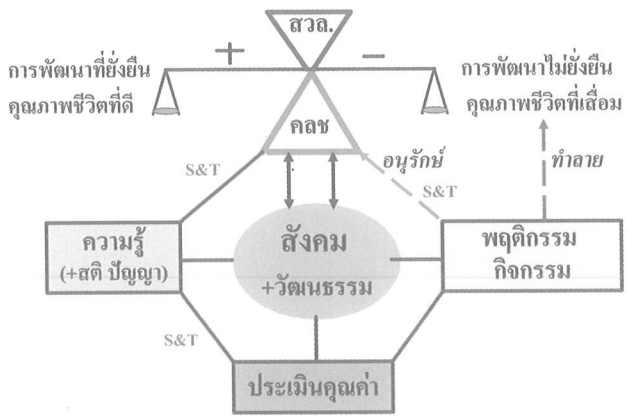
เป็นอย่างยิ่ง ที่สังคมต้องทำการศึกษาเรียนรู้และทำความเข้าใจให้ลึกซึ้งมากขึ้นอีกระดับหนึ่ง

ความรู้จากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีความสำคัญต่อสังคมไทยในเบื้องต้นคือ ความรู้ที่ช่วยให้เราทราบถึงความมีอยู่จริงของทรัพยากรชีวภาพที่สำคัญของชาติในระบบนิเวศสำคัญ ๆ ของประเทศ ความรู้และเทคโนโลยีสมัยใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ รวมทั้งร่นเวลาในการศึกษาสำรวจ จัดจำแนกและพิสูจน์ทราบสิ่งมีชีวิตได้อย่างละเอียดและจำเพาะมากขึ้น อย่างเช่น ที่เราใช้ความรู้และเทคโนโลยีดีเอ็นเอในการพิสูจน์ทราบบุคคลทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ความรู้ใหม่นี้ทำให้เราค้นพบสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ ๆ ในประเทศมากขึ้น โดยเฉพาะจำพวกจุลินทรีย์ที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อได้ว่าจุลินทรีย์หลายชนิดที่ยังไม่ถูกค้นพบ เช่น สัตว์และพืชมีบทบาทสำคัญหลายด้านทั้งในและนอกสภาพธรรมชาติ ความรู้เหล่านี้จะช่วยให้สังคมไทยมีความเข้าใจดีขึ้นและมีทางเลือกมากขึ้นในแนวทางการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ระบบนิเวศและทัพยากรชีวภาพสำคัญของประเทศ เช่น การฟื้นฟูและพัฒนาระบบนิเวศป่าพรุในภาคใต้และพื้นที่ดินเค็มในภาคอีสาน เป็นต้น

ความรู้จากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ยังช่วยให้นักวิชาการสามารถค้นพบลักษณะและคุณค่าใหม่ ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่และที่ค้นพบใหม่ เป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่สังคมไทย เช่น การจดแจ้งความเป็นเจ้าของ (สิทธิบัตร) ภูมิปัญญาพื้นบ้านที่เกี่ยวพันกับชนิดพันธุ์พืชป่า พันธุ์พืชพื้นเมืองและพันธุ์พืชใหม่ที่สามารถพิสูจน์ความจำเพาะได้ เช่น กล้วยไม้ หรือเมื่อสามารถค้นพบยีนที่มีคุณสมบัติพิเศษและพิสูจน์ความสำคัญของยีนนั้น ๆ ได้ เช่น ยีนที่ทนเค็ม ทนแล้ง

หรือทนต่อโรคบางชนิดได้ดีเป็นพิเศษ เป็นต้น ความสามารถของสังคมไทยจากองค์ความรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นประโยชน์ในการประเมินคุณค่าและความสำคัญของทรัพยากรชีวภาพของชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับประเทศและสังคมไทยโดยรวม และให้กับท้องถิ่นและชุมชนได้ด้วย ในการคุ้มครองระบบนิเวศและการเจรจาต่อรองผลประโยชน์ให้เกิดความเป็นธรรม

อย่างไรก็ดี อัตราการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ที่รวดเร็ว และการผลิตความรู้ใหม่ในด้านความหลากหลายทางชีวภาพอย่างมากมายนี้ ทำให้มีความเป็นห่วงในเรื่องของช่องว่างด้านข้อมูลและความรู้ในสังคมไทย พระธรรมปิฎก มีข้อสังเกตในเรื่องสังคมไทยกับเทคโนโลยีนี้ว่ายังมีข้อเป็นห่วงอยู่บ้างว่า ***คนไทยโดยทั่วไปยังใช้เทคโนโลยีไม่ได้คุ้มค่าในการพัฒนาชีวิตและสังคม ดังนั้นจึงต้องช่วยกันเร่งรัดส่งเสริมให้สังคมไทยเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยเฉพาะในเยาวชน*** เพราะถ้าหากรอช้าอาจจะสายเกินไปที่จะรักษาความหลากหลายทางชีวภาพไว้ได้อย่างพอเพียงสำหรับอนาคต



รูปที่ 3.8 บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในการให้และใช้ความรู้ในสังคมไทยในภาพรวม

บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในการให้และใช้ความรู้ในสังคมไทยในภาพรวม ในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพให้เกิดความสมดุลอย่างยั่งยืน แสดงไว้ในรูป 3.8

มีข้อพึงสังเกตถึงข้อจำกัดของการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการกำกับพฤติกรรมของสังคมในเรื่องนี้ เพราะในความเป็นจริง ***วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นเพียงเครื่องมือสำคัญของสังคม คุณธรรมและจริยธรรมของคนในสังคม จึงเป็นเงื่อนไขสำคัญในการใช้ประโยชน์จากความรู้และเครื่องมือเหล่านั้น***

เอกสารอ้างอิง

1. ธีรยุทธ บุญมี 2546. ความหลากหลายของชีวิต ความหลากหลายทางวัฒนธรรม สำนักพิมพ์สายธาร กรุงเทพฯ 368 หน้า.
2. การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย 2542. งานเขียน ชุมชน คนรักป่า 112 หน้า.
3. Asian Development Bank and United Nations Environment Programme, 2004. Greater Mekong Subregion Atlas of the Environment, 216 pp., p. 69.
4. Asian Development Bank and United Nations Environment Programme, 2004. Greater Mekong Subregion: Atlas of the Environment, 216 pp., p. 69-70.
5. ซีโน โฮม 2003. 3 แม่น้ำไหลเคียง ใน วารสารแม่น้ำโขง 8: 4-13.
6. อานรรฆ พัฒนวิบูลย์ 2544. ความหลากหลายทางชีวภาพในป่าตะวันตก ในรายงานการสัมมนาวิชาการระดับภูมิภาค เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพในป่าตะวันตกและตะวันออกของประเทศไทย ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กรมการศึกษานอกโรงเรียน มูลนิธิสวิตา และ Think Earth กรุงเทพฯ หน้า 49-64.
7. โครงการสำรวจและรวบรวมพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับป่าภาคใต้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยี ชีวภาพแห่งชาติ 2546. รายงานความก้าวหน้าโครงการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ความหลากหลายทางชีวภาพในป่าฮาลา-บาลา ภาคใต้ของประเทศไทย 165 หน้า.
8. ประพัฒน์ ปัญญาชาติรักษ์ 2546. การพัฒนาที่ยั่งยืน: ต้องอยู่บนฐานทรัพยากรของตนเอง ใน วารสารเศรษฐกิจและสังคม 40(2): 11-13.
9. นิตยา กมลวัฒนนิศา 2546. ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากร-ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในแผนฯ 9 ใน วารสารเศรษฐกิจและสังคม 40(2): 72-74.
10. สนิท อักษรแก้ว 2542. ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 277 หน้า.
11. McNeil, J.R. 2000. Something New Under the Sun: An Environmental History of the twentieth century World, WW. Norton Co. Inc., New York, 421 pp.

12. เจฟฟรีย์ ซี. เวิรด์ 2545. แดนวิกฤต ใน National Geographic ฉบับภาษาไทย ฉบับที่ 1(6): 92-119.
13. E.O.Wilson, 2545. Biodiversity. National Academy Place, Washington, DC.; Solbrig,O.T., H.M.van Emden and P.G.W.J. van Oordt, (ed.) 1992. Biodiversity and Global Change, Monograph No. 8, International Union of Biological sciences, Paris. 1992. 224 pp.
14. ไมเคิล คลีซีส, 2545. ภาวะสิ่งแวดล้อมโลกวันนี้ ใน National Geographic ฉบับภาษาไทย 2(17): 68-81.
15. ศรีศักร วัลลิโภดม 2546. อีสาน: ความสัมพันธ์ของชุมชนที่มีคูน้ำ คันดินกับการเกิดของรัฐในประเทศไทย หน้า 30 ใน ท่งกุลา โดย สุจิตต์ วงศ์เทศ (บรรณาธิการ) สำนักพิมพ์มติชน กรุงเทพฯ 429 หน้า.
16. Wilson E'O and F.M. Peters (eds.),1988.
17. มาลี สุวรรณอัตถ์ 2546. กองทุนสินทรัพย์จุลินทรีย์: ข้อเสนอกรอบแนวคิดเพื่อการหารือร่วมกัน ใน รายงานประจำปี พ.ศ. 2544-2545 ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ หน้า 67.
18. พระธรรมปิฎก 2546. คนไทยกับเทคโนโลยี ใน คนไทยสู่ยุไอที โรงพิมพ์บริษัทสหธรรมิก จำกัด หน้า 143-179.

๔

นาโนเทคโนโลยี

ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

บทนำ

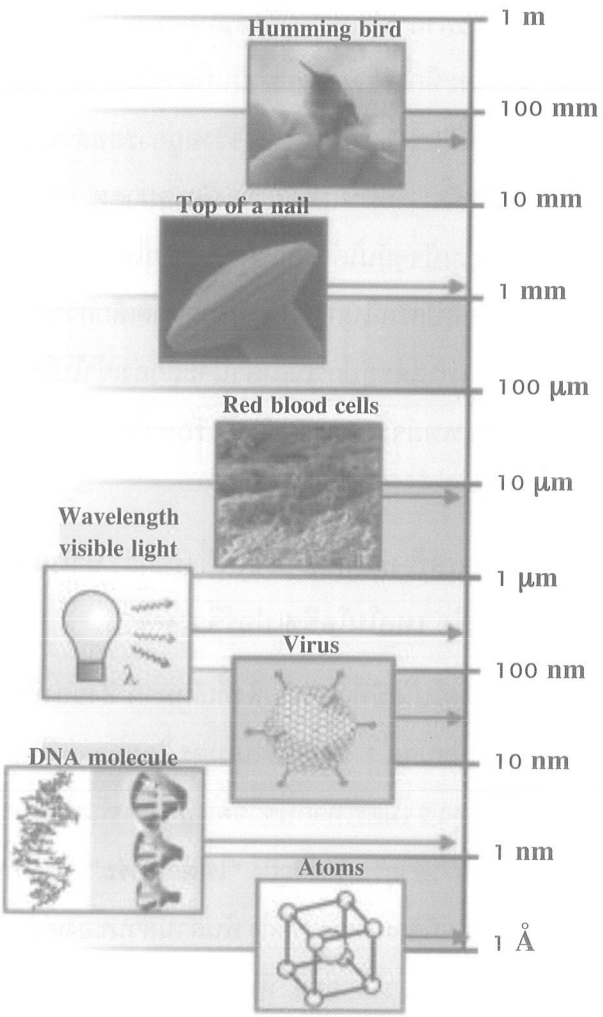
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันมานานแล้วก็คือ สสารทั้งหลายต่างประกอบขึ้นมาจากอะตอมและโมเลกุลที่เรียงตัวกัน มีทั้งที่เรียงกันอย่างเป็นระเบียบและไม่เป็นระเบียบในวิชาการด้านวัสดุศาสตร์ก็ได้พบว่าวัสดุที่ต่างชนิดกันจะมีโครงสร้างอะตอมและโมเลกุลต่างกัน เมื่อเกิดมีความตื่นตัวอย่างมากในสาขาวิชาการใหม่ที่เรียกว่า **"นาโนเทคโนโลยี"** นั้น การทำความเข้าใจจากแง่มุมของวัสดุศาสตร์ ดูเหมือนจะเข้าใจได้ง่ายกว่าการมองจากสาขาวิชาอื่นๆ กล่าวคือ ถ้าเรารู้ว่าวัสดุ A มี***โครงสร้างอะตอม***เป็นอย่างไร ต่อมาถ้าเรามีเครื่องมืออุปกรณ์ที่สามารถ***มองเห็น***อะตอมได้ ทั้งยังมีอุปกรณ์ที่สามารถ***สะกิด***หรือ***เคลื่อนย้าย***อะตอมไปยังตำแหน่งที่เราต้องการได้ และประการสุดท้ายที่สำคัญที่สุดก็คือ ถ้าเราสามารถทำให้อะตอมที่เคลื่อนย้ายไปนั้น***คงอยู่*** ณ ตำแหน่งแห่งที่ที่เราต้องการได้แล้ว เราก็จะสามารถออกแบบและสร้างสรรค์วัสดุชนิดต่างๆ ที่เราต้องการได้ตามใจปรารถนา ผลกระทบที่ติดตามมาในแง่ของสังคมหรือจริยธรรมจะเป็นอย่างไรนั้น คงเป็นเรื่องที่จะต้องถกเถียงหรือวิพากษ์วิจารณ์กันอีกนานในอนาคต

เมื่อประมาณ 40 ปีมาแล้ว มีภาพยนตร์แนวนิยายวิทยาศาสตร์เรื่องหนึ่งที่เรียกเสียงฮือฮาเป็นอย่างมากเมื่อออกเผยแพร่สู่สายตาของผู้ชมในต่างประเทศ รวมทั้งเมื่อเข้ามาฉายในประเทศไทย ภาพยนตร์เรื่องนี้ชื่อ ***Fantastic Voyage*** อันเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกในอนาคตที่แพทย์มีวิธีการรักษาโรคแบบใหม่ โดยการนำแพทย์พยาบาลพร้อมกับเครื่องมือผ่าตัดและยาใส่เข้าไปในเรือดำน้ำ แล้วทำการย่อเรือดำน้ำทั้งลำให้เล็กลงจนกระทั่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ก่อนจะฉีดเข้าไปในกระแสเลือดของผู้ป่วย แพทย์ได้บังคับให้เรือดำน้ำลำนั้นเคลื่อนไปตามกระแสเลือดสู่จุดที่

เป็นสาเหตุของโรคเพื่อทำการรักษา ผู้ที่ได้ชมภาพยนตร์เรื่องนี้ แม้จะรู้สึกสนุกสนาน ตื่นเต้นระทึกใจ แต่เข้าใจว่าเป็นนิยายวิทยาศาสตร์ที่คงเป็นเพียงจินตนาการโดยไม่มีทางที่จะเป็นไปได้ จริงอยู่การย่อส่วนมนุษย์หรือเรือดำน้ำให้มีขนาดเล็กจิ๋ว คงเป็นไปได้ยากแม้ในอนาคต แต่ความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการในปัจจุบันได้ก้าวมาถึงขั้นที่อีกไม่นานมนุษย์อาจจะ "สร้าง" เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการรักษาโรคขนาดเล็กกว่าเรือดำน้ำในภาพยนตร์เป็นพัน ๆ เท่าและอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกส่งเข้าไปไหลเวียนในกระแสเลือดได้ และแพทย์จะสามารถทำการรักษาโรคได้โดยการบังคับจากภายนอก

เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการสร้างของที่เล็กมาก ๆนี้ เรียกว่า **นาโนเทคโนโลยี** (nanotechnology) หรือ **เทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋ว**

นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับสิ่งที่เล็กมาก สิ่งของที่มีขนาด 1 นาโนเมตร ก็หมายถึงมีขนาด 1 ในพันล้านเมตร โดยอาจเปรียบเทียบได้อย่างง่าย ๆ ว่าผู้ชายที่สูง 2 เมตรเท่ากับชายคนนี้สูง 2 พันล้านนาโนเมตร คำว่า **"นาโน"** มาจากภาษากรีก หมายถึง **"ไอ้ตัวแคระ"** ซึ่งเมื่อนำคำว่า "นาโน" ไปใช้ในหน่วยใดก็ตาม จะหมายถึง พันล้านส่วนของหน่วยนั้น เช่น น้ำ 1 นาโนลิตรจะเท่ากับน้ำ 1 แก้ว ที่ได้จากการนำน้ำ 1 ลิตรมาตวงแบ่งออกเป็นพันล้านแก้วเล็ก ๆหรือระยะเวลา 1 นาโนวินาที แปลว่าเป็นช่วงเวลาที่สั้นมากแค่เพียง 1 ส่วนในพันล้านวินาที ปัจจุบันยังไม่มีกฎเกณฑ์ชัดเจนที่ระบุว่าวิทยาศาสตร์ที่จัดว่าเป็นระดับนาโน (nanoscience) จะต้องเกี่ยวข้องกับขนาดที่น้อยมากสักเท่าใด แต่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าวัสดุที่จัดเป็นวัสดุนาโน (nanomaterial) เป็นของที่มีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร ซึ่งหมายถึงขนาด 1 ในร้อยของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นผม ซึ่งเล็กกว่าขนาดของเรือดำน้ำจิ๋ว



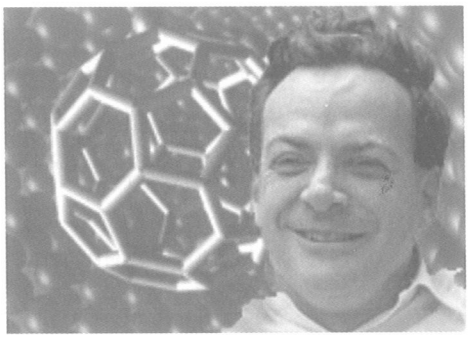
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบของที่มีขนาดระดับนาโนเมตร

(http://www.mesaplus.utwente.nl/.../nano.doc/nano-1.jpg)

ความเป็นมาของนาโนเทคโนโลยี

ริชาร์ด ไฟย์นแมน นักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงของโลกได้ชื่อว่าเป็นผู้จุดประกายความคิดด้านนาโนเทคโนโลยีขึ้นในปี ค.ศ. 1959 จากสุนทรพจน์ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งแคลิฟอร์เนีย ในหัวข้อ ***"ยังมีที่ว่างอีกมากทางด้านล่าง"*** เมื่อเขาได้กล่าวว่า

*"กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์เท่าที่ผมเข้าใจนั้น มิได้ค้านความเป็นไปได้ในการจัดการกับสิ่งต่าง ๆ ในระดับอะตอม การกระทำเช่นนี้มิได้ละเมิดกฎใด ๆ มันเป็นสิ่งที่สามารถทำได้อยู่แล้วตามหลักการ แต่ที่ยังไม่ได้ทำก็เพราะว่า **เรายังใหญ่เกินไป**"*



รูปที่ 4.2 ริชาร์ด ไฟย์นแมน
(http://www.techcentralstation.com/ 120601C.html)

นับจากปี ค.ศ. 1959 เป็นต้นมา นาโนเทคโนโลยีได้วิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง ดังต่อไปนี้

ปี ค.ศ. 1974 อวิแรม และ เซอิเดน แห่งบริษัทไอบีเอ็ม ยื่นขอจดสิทธิบัตรอุปกรณ์โมเลกุลาร์อิเล็กทรอนิกส์ชิ้นแรก

ปี ค.ศ. 1981 ไฮน์ริช โรห์เรอร์ และ เกิร์ด คาร์ล บินนิก ประดิษฐ์ Scanning Tunneling Microscope (STM) ซึ่งเป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่สามารถมองเห็นอะตอมได้ และได้รับรางวัลโนเบลในอีก 5 ปีต่อมา

ปี ค.ศ. 1985 ริชาร์ด สมอลลีย์ โรเบิร์ต เคอร์ล จูเนียร์ และฮาโรลด์ โครโต ค้นพบโครงสร้างตาข่ายทรงกลมของอะตอมคาร์บอน 60 ตัว เรียกว่า buckminsterfullerene หรือ buckyballs ทำให้ได้รับรางวัลโนเบลในอีก 11 ปีต่อมา

ปี ค.ศ. 1986 มีการประดิษฐ์ Atomic Force Microscope (AFM) ที่สามารถมองเห็นอะตอมได้เช่นเดียวกับ STM

เค. อีริค เดรกซเลอร์ เสนอแนวคิดของโมเลกุลาร์นาโนเทคโนโลยีต่อสาธารณชนโดยกล่าวถึงศักยภาพและอันตรายที่น่ากลัวที่เขามองเห็นในอนาคต

ปี ค.ศ. 1987 เกิดการค้นพบสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างจากเดิมของนาโนอิเล็กทรอนิกส์ โดยกลุ่มนักวิชาการในฮอลแลนด์และอังกฤษ นอกจากนี้ ธีโอดอร์ เอ.ฟุลตัน และ เจอรัลด์ เจ.โดแลนด์ แห่งห้องปฏิบัติการเบลล์ ได้สร้างทรานซิสเตอร์ชนิดอิเล็กตรอนเดี่ยวตัวแรกขึ้น

ปี ค.ศ. 1988 วิลเลียม เดกราโด และกลุ่มของเขาที่บริษัทดูปองท์ได้ออกแบบโปรตีนชนิดใหม่และสร้างขึ้นมาได้ด้วย

ปี ค.ศ. 1989 นักวิทยาศาสตร์ที่ไอบีเอ็มในเมืองซูริค แสดงให้เห็นว่าสามารถเคลื่อนย้ายและจัดวางอะตอมในตำแหน่งที่ต้องการได้โดยการใช้ปลายเข็มของ STM ในการเขียนตัวอักษร IBM ด้วยอะตอมของซีนอน 35 ตัว

ปี ค.ศ. 1991 ซุมิโอะ อีจิมา ค้นพบท่อกราไฟต์ขนาดจิ๋ว เรียกว่า "คาร์บอนนาโนทิวบ์" ซึ่งมีความแข็งแรงสูงมาก และมีสมบัติพิเศษทางไฟฟ้า

ปี ค.ศ. 1993 มหาวิทยาลัยไรซ์ ในสหรัฐอเมริกา ตั้งห้องปฏิบัติ-การนาโนเทคโนโลยีแห่งแรกของโลกขึ้น

ปี ค.ศ. 1997 นาเดรียน ซีแมน แห่งมหาวิทยาลัยนิวยอร์ค แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้ดีเอ็นเอเป็นองค์ประกอบตั้งต้นในการประดิษฐ์เครื่องกลระดับนาโนได้

ปี ค.ศ. 1999 มาร์ค รีด และ เจมส์ เอ็ม.ทัวร์ นักวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเยล ประดิษฐ์สวิทช์อินทรีย์ในโมเลกุลเดี่ยว

ปี ค.ศ. 2000 รัฐบาลสหรัฐอเมริกาลงทุน 422 ล้านเหรียญสหรัฐในการวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยี สาธารณชนเริ่มรู้จักเทคโนโลยีนี้อย่างแพร่หลาย

ปี ค.ศ. 2001 นักวิจัยที่ไอบีเอ็มและมหาวิทยาลัยเดลฟ์ ประดิษฐ์ชุดทรานซิสเตอร์และลอจิกเกตจากคาร์บอนนาโนทิวบ์

ปี ค.ศ. 2003 รัฐบาลไทยอนุมัติการจัดตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และอนุมัติงบประมาณเริ่มต้น 6 ล้านบาท

ปี ค.ศ. 2004 ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติจัดทำแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีเสร็จสมบูรณ์

ทำไมจึงต้องสนใจนาโนเทคโนโลยี?

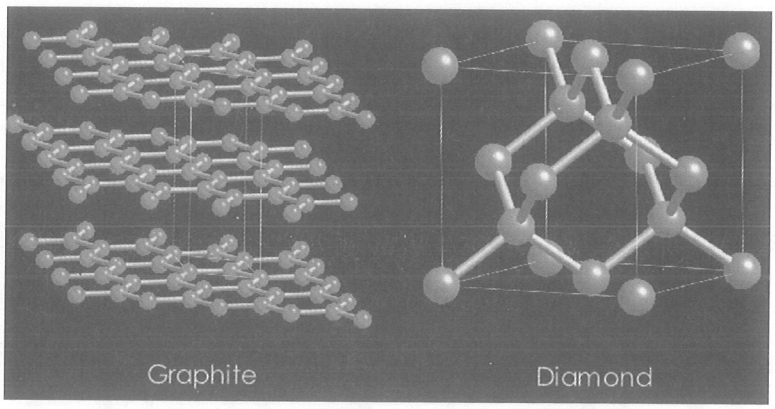
จากการคาดการณ์ว่าประชากรของโลกจะเพิ่มขึ้นจากจำนวน 6,300 ล้านคนในปี พ.ศ. 2546 เป็น 9,000–10,000 ล้านคนในปี พ.ศ. 2553 มนุษย์จะต้องเผชิญกับปัญหาที่ท้าทายอย่างยิ่ง 10 ประการ ได้แก่ พลังงาน น้ำ อาหาร สภาวะแวดล้อม ความยากจน การก่อการร้ายและสงคราม โรคระบาด การศึกษา ประชาธิปไตย และประชากรที่เพิ่มพูนขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่สิ่งที่ท้าทายมากที่สุดในอีกสองถึงสามทศวรรษข้างหน้าก็คือ การแสวงหาแหล่งพลังงานสำหรับคน 1 หมื่นล้านคน ซึ่งคาดว่าจะต้องมีแหล่งพลังงานอย่างน้อยที่สุด 10 Terawatts หรือเทียบเท่ากับพลังงานจากน้ำมัน 150 ล้านบาเรลล์ จากแหล่งพลังงานสะอาดภายในปี พ.ศ. 2593 ซึ่งจะต้องเป็นแหล่งพลังงานราคาถูก จึงจำเป็นต้องแสวงหาเทคโนโลยีพลังงานรูปแบบใหม่ นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่คาดหวังกันว่าจะทำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งทางด้านเกษตรกรรม อาหาร น้ำ พลังงาน วัสดุและสิ่งแวดล้อม

การพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี ยังจะทำเกิดผลกระทบในวงกว้างต่อสังคมมนุษย์ ได้แก่ การสร้างสังคมฐานความรู้ที่ทำให้มนุษย์เข้าใจธรรมชาติและชีวิตดีขึ้น เกิดตลาดของผลิตภัณฑ์ใหม่ประมาณ 1 ล้านล้านเหรียญสหรัฐต่อปี ต้องใช้พนักงานด้านนาโนเทคโนโลยีอย่างน้อย 2 ล้านคนทั่วโลก และเกิดการพัฒนาการด้านสาธารณสุขที่ทำให้อายุเฉลี่ยของมนุษย์ยืนยาวขึ้น

ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ด้านนาโนเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นแล้วหรือจะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคตอันใกล้ได้แก่ วัสดุที่แข็งแรง น้ำหนักเบา ซ่อมแซมตนเองได้ เพื่อนำมาใช้ทำยานพาหนะ เซรามิกที่ยืดหยุ่นเหมือนยาง พลาสติกที่นำไฟฟ้า ครีมกันแดดโปร่งใส ยาที่ออกฤทธิ์เฉพาะที่ ออกฤทธิ์ได้นาน และไม่เกิดอาการแพ้ เข็มเจาะเลือดที่ไม่เจ็บ หรือกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ เป็นต้น

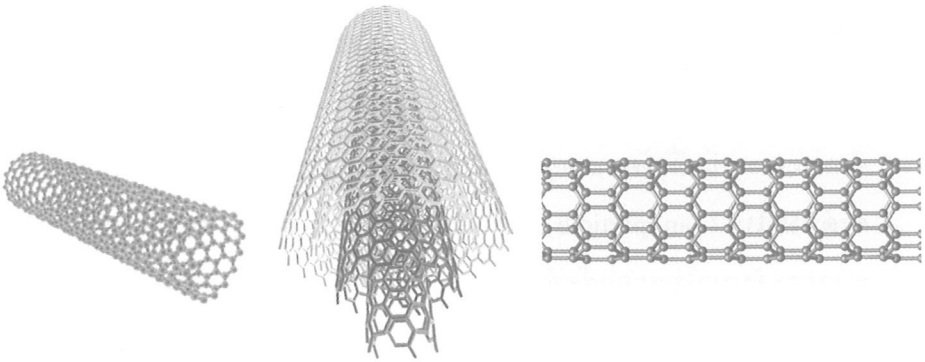
นาโนเทคโนโลยีในแวดวงต่างๆ

เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น อาจพิจารณาประสิทธิภาพอันสูงส่งของเทคโนโลยีเล็ก ๆ ที่ธรรมชาติสร้างขึ้นเป็นตัวอย่างประกอบ อาทิ ขนเล็ก ๆ ที่อยู่รอบตัวแบคทีเรีย ที่ทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ธรรมชาติขับเคลื่อนให้แบคทีเรียสามารถเคลื่อนที่ไปได้ในของเหลวเมื่อขนพวกนี้ขยับพัดโบกหรือลองพิจารณาโครงสร้างของโมเลกุลของแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีสมบัติเปราะเป็นชอล์กเขียนกระดานในยามที่โมเลกุลจัดตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ แต่เมื่อใดที่แคลเซียมคาร์บอเนตประกอบขึ้นเป็นเปลือกหอยหรือไข่มุก คุณสมบัติจะต่างไป กล่าวคือ จะมีความแข็งแรงและสวยงามมาก ทั้งนี้เพราะหอยมีกรรมวิธีที่เรียกว่า **นาโนวิศวกรรม** (nanoengineering) สามารถนำเอาโมเลกุลของแคลเซียมคาร์บอเนตไปจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบทีละโมเลกุล โครงสร้างของเปลือกหอยที่ประกอบด้วยโมเลกุลที่เป็นระเบียบย่อมส่งผลต่อคุณสมบัติทำให้วัสดุนั้นมีความแข็งแรงมาก เช่นเดียวกับการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของแคลเซียมคาร์บอเนตในไข่มุก อีกตัวอย่างหนึ่งของนาโนวิศวกรรมในธรรมชาติคือ ถ่าน กราไฟต์และเพชร ซึ่งก็ล้วนประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน แต่มีการจัดเรียงโครงสร้างให้มีระเบียบต่างกัน จึงทำให้คุณสมบัติต่างกันอย่างชัดเจน ***และเมื่อธรรมชาติสร้างได้ ทำไมมนุษย์จะสร้างของเล็ก ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงพวกนี้บ้างไม่ได้***



รูปที่ 4.3 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลของกราไฟท์และเพชร
(http://www.msm.cam.ac.uk/.../ images/carbon_phases.jpg)

ในการสร้างของเล็ก ๆโดยวิธีนาโนเทคโนโลยีในอดีตนั้นอาจเป็นการเริ่มจากการสร้างเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่เพื่อนำไปสร้างเครื่องมือที่มีขนาดเล็กลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้เครื่องมือที่เล็กมากสามารถใช้สร้างสิ่งของที่มีขนาดในระดับนาโน (nanostructure) คล้ายกับการสกัดเศษไม้ออกจากท่อนไม้เพื่อแกะสลักให้เป็นช้างไม้ที่ตัวเล็กมาก ๆ หรือการกัดกร่อนแท่งโลหะให้เหลือขนาดเท่าอนุภาค ความหมายนี้แตกต่างไปจากความหมายของนักนาโนเทคโนโลยีในปัจจุบันอย่างสิ้นเชิง ที่จัดว่านาโนเทคโนโลยีเป็นการที่นักวิทยาศาสตร์พยายามสร้างของเล็ก ๆ ขึ้นโดยเริ่มจากสิ่งที่เล็กที่สุดระดับอะตอมหรือโมเลกุลขึ้นไป มาจัดเรียงกันทีละอะตอมหรือทีละโมเลกุล แล้วทำให้ได้สิ่งที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีโครงสร้างเป็นระเบียบตามที่ต้องการ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากความหมายในการสร้างแบบนี้แล้ว ***นักวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและวิศวกรรมทุกสาขาอาจจัดเป็นนักนาโนเทคโนโลยีได้ทั้งสิ้น*** เช่น นักเคมีที่ทำงานด้านการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งต้องเริ่มจากโมเลกุลที่มีขนาดระดับนาโนเพื่อให้ได้สารประกอบที่ใหญ่ขึ้น ก็เรียกว่า **นาโนเคมี** (nano-



รูปที่ 4.4 ท่อนาโน

(http://www.physics.purdue.edu/ nanophys/experiments.html, http://students.chem.tue.nl/ifp03/images/mwnt.gif, http://www.phys.psu.edu/~crespi/research/carbon.1d/images/nanotube-70-big.gif)

chemistry) นักชีววิทยาระดับโมเลกุล นักชีวเคมี นักจุลชีววิทยาหรือนักเทคโนโลยีชีวภาพ ก็กำลังพัฒนาการทำงานที่ล้วนเกี่ยวข้องกับสิ่งที่อยู่ในระดับนาโนด้วยกันทั้งสิ้น รวมทั้งนักฟิสิกส์หรือนักวัสดุศาสตร์ที่ต้องการศึกษาการผลิตของเล็ก ๆ ประเภทสายไฟที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดนาโน (nanowire) ที่นำไฟฟ้าดีเยี่ยม **ท่อนาโน** (nanotube) ที่เกิดจากการเรียงตัวของคาร์บอนเป็นท่อกลวงที่มีโครงสร้างเป็นตาข่ายร่างแห ทำให้เล็กมาก แข็งแรงมาก แต่มีน้ำหนักเบา สามารถนำไปใช้ได้เทียบเท่ากับการใช้ซิลิกอนทรานซิสเตอร์เดิม แต่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าของเดิมมาก

นาโนเทคโนโลยีได้ก้าวเข้าไปเกี่ยวข้องในทุกอุตสาหกรรม นอกจากอุตสาหกรรมยักษ์ใหญ่ในด้านการสื่อสารโทรคมนาคมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่นักวิจัยกำลังทุ่มเทขะมักเขม้นทำการค้นคว้าพัฒนาอุปกรณ์ขนาดเล็กประเภท**นาโนอิเล็กทรอนิกส์หรือนาโนอุปกรณ์** (nanodevice) ต่าง ๆ ซึ่งก็เกี่ยวข้องโดยตรงกับวัสดุจำพวกพลาสติก เซรามิก วัสดุกึ่งตัวนำและโลหะ ที่จะส่งผลอย่างใหญ่หลวงกับพัฒนาการของโลกของเทคโนโลยีชั้นสูงให้ได้เป็นแบบซูเปอร์จิ๋ว..แต่แจ๋วประเภทซูเปอร์คอมพิวเตอร์หุ่นยนต์

พลังงาน การผลิตยวดยาน จรวดและอาวุธสงคราม ไปจนถึงเรื่องของการสำรวจโลกและอวกาศแล้ว อุตสาหกรรมยาก็เป็นอุตสาหกรรมอีกประเภทหนึ่งที่ให้ความสนใจในการทำวิจัยเพื่อผลิต**อนุภาคที่มีขนาดระดับนาโน** (nanoparticle) ทั้งนี้เนื่องจากการทำให้ยาเป็นอนุภาคที่มีขนาดระดับนาโนจะลดข้อจำกัดของยาบางประเภทที่อาจไม่สามารถละลายได้ เพราะการยิ่งทำให้มีขนาดเล็กมาก ๆ ขึ้นเท่าใดนั้นจะทำให้พื้นที่ผิวของยามากขึ้น และทำให้ตัวยาสามารถกระจายได้ดียิ่งขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การนำยาไปบรรจุในท่อนาโนแล้วควบคุมให้ค่อย ๆปลดปล่อยตัวยาออกมาทีละน้อยในเวลาที่นานขึ้น ก็เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่สำคัญต่อวิวัฒนาการของวงการเภสัชกรรม คงจะดีไม่น้อยถ้ามีผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ที่ได้จากนาโนเทคโนโลยีที่เมื่อเข้าไปในร่างกายแล้วจะสามารถตรวจสอบอาการของโรคและหาตำแหน่งของอวัยวะในร่างกายที่ต้องการการเยียวยาได้เอง นาโนอุปกรณ์ที่บรรจุยาหรือวัคซีนไว้นั้นจะสามารถเคลื่อนที่มุ่งตรงไปยังอวัยวะส่วนนั้นแล้วทำการปลดปล่อยสารออกมาเฉพาะที่เพื่อทำการรักษาโดยไม่มีผลกับบริเวณอื่นเลย

วิวัฒนาการเหล่านี้อาจจะยังดูเหมือนนิยายวิทยาศาสตร์แต่แท้จริงแล้วเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ในอนาคตอันใกล้มนุษย์กำลังพยายามลอกเลียนกรรมวิธีของนาโนเทคโนโลยีที่ธรรมชาติได้ใช้มา ตั้งแต่เริ่มมีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เพราะธรรมชาติใช้นาโนเทคโนโลยีสร้างนาโนโมเลกุล เช่น ดีเอ็นเอ ขึ้นในสิ่งมีชีวิต ดีเอ็นเอนั้นจัดว่าเป็นเครื่องจักรขนาดนาโนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดประเภทหนึ่งเนื่องจากเป็นโมเลกุลที่สามารถผลิตดีเอ็นเอโมเลกุลต่อไปได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด

เทคโนโลยีของโลกกำลังก้าวจากยุค**ไมโคร** (micro) ในปัจจุบันเข้าสู่ยุค**นาโน** (nano) ในอีกไม่นานเกินรอ

แนวโน้มความสนใจและการลงทุน ด้านนาโนเทคโนโลยีในโลกปัจจุบัน

นาโนเทคโนโลยีกระตุ้นความสนใจให้เกิดการแพร่ขยายด้านการลงทุนวิจัยพัฒนาและหาทางประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ไปทั่วโลก ในยุคปัจจุบันผลิตภัณฑ์หลายชนิดเริ่มออกสู่ตลาดแล้วทั้งในรูปของวัสดุ การเคลือบผิว และอุปกรณ์เซนเซอร์ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อีกหลากหลายก็เป็นที่คาดกันว่าน่าจะออกสู่ตลาดในอนาคตอันใกล้ เช่น ระบบส่งยาเฉพาะที่ (drug delivery system–DDS) เทคโนโลยีใหม่ในการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนมาก เซลล์เชื้อเพลิง และวัสดุประกอบนาโนทิวบ์ เป็นต้น ภาครัฐบาล ภาคธุรกิจ และนักลงทุนต่างทุ่มเงินจำนวนมหาศาลสู่การวิจัยและพัฒนาในสาขานี้ ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณเงินลงทุนของกลุ่มประเทศยุโรป (หน่วย ล้านยูโร) เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์นาโนและนาโนเทคโนโลยี

ตารางที่ 4. 1 เงินลงทุนด้านนาโนของกลุ่มประเทศยุโรป

หน่วย: ล้านยูโร

Country	1997	1998	1999	2000
Austria	1.9	2.0	2.2	2.5
Belgium	0.9	1.0	1.1	1.2
Denmark		1.9	2.0	2.0
Finland	2.5	4.1	3.7	4.6
France	10.0	12.0	18.0	19.0
Germany	47.0	49.0	58.0	63.0
Greece	0.2	0.2	0.3	0.4
Ireland	0.4	0.4	0.5	3.5
Italy	1.7	2.6	4.4	6.3
Netherlands	4.3	4.7	6.2	6.9
Portugal	0.2	0.2	0.3	0.4
Spain	0.3	0.3	0.4	0.4
Sweden	2.2	3.4	5.6	5.8
United Kingdom	32.0	32.0	35.0	39.0
European Commission	23.0	26.0	27.0	29.0
Total	**129.6**	**139.8**	**164.7**	**184.0**

ในช่วงปี ค.ศ. 2002–2006 กลุ่มประเทศยุโรปกำหนดโปรแกรมการลงทุนไว้รวม 1,300 ล้านยูโร ในขณะที่สหรัฐอเมริกานั้น รัฐบาลได้อนุมัติเงินลงทุน 422 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2001 จำนวน 604 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2002 และ 774 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2003

รัฐบาลในประเทศตะวันออกไกลได้ลงทุนด้านนาโนเทคโนโลยีในจำนวนมหาศาลเช่นเดียวกัน โดยข้อมูลในปี ค.ศ. 2002 เป็นดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4. 2 การลงทุนของรัฐบาลของประเทศตะวันออกไกลในด้านนาโนเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2002

หน่วย: เหรียญสหรัฐ

Japan	650M
China	200M
Taiwan	150M
Korea	150M
Singapore	40M
Total	**1.19B**

เมื่อเทียบกับเงินลงทุนประมาณ 6 ล้านบาทในปี ค.ศ. 2003 และประมาณ 70 ล้านบาทในปี ค.ศ. 2004 ในด้านนาโนเทคโนโลยีของรัฐบาลไทยแล้ว นับว่าประเทศไทยยังต้องเดินทางอีกยาวไกลทีเดียวกว่าจะทันประเทศอื่น ๆ

การพัฒนาด้านกำลังคน: กรณีศึกษาของประเทศไทยเทียบกับประเทศไต้หวัน

ร่างแผนแม่บทด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทยนั้น ได้ตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยมีความเป็นเลิศใน 3 สาขาหลักคือ นาโนชีวภาพ นาโน-อิเล็กทรอนิกส์ และวัสดุนาโน โดยได้จัดสรรทุนการศึกษาในต่างประเทศประมาณ 150 ทุนในระยะ 10 ปีข้างหน้า นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ตัวเลขจากการสำรวจพบว่า ปัจจุบันมีผู้ที่ทำงานวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับนาโน-เทคโนโลยีในประเทศไทยประมาณ 150-200 คนเท่านั้น ส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดอยู่ในองค์กรภาครัฐ โดยมีห้องปฏิบัติการในด้านนี้อยู่ในมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยของรัฐประมาณ 20 แห่ง และเริ่มมีการเปิดสอนในระดับบัณฑิตศึกษาบ้างแล้วในมหาวิทยาลัยบางแห่ง ในร่างแผนแม่บทได้ตั้งเป้าหมายกำลังคนด้านนี้ไว้ประมาณ 2,500 คนในระดับต่าง ๆ ในอีก 10 ปีข้างหน้า

ในระหว่างการประชุมนานาชาติด้านการวิจัยวัสดุศาสตร์ (IU-MRS) ปี พ.ศ. 2546 ที่ประเทศญี่ปุ่น ศาสตราจารย์จากสถาบัน Academia Seneca ประเทศไต้หวัน ได้กล่าวถึงการพัฒนาหลักสูตรนาโนเทคโนโลยีของไต้หวันในระดับโรงเรียนที่เรียกย่อ ๆ ว่า K-12 ว่ารัฐบาลได้ให้ความสำคัญในเรื่องนี้อย่างมากโดยจัดโปรแกรมให้ครูและนักเรียนจากโรงเรียนในระดับต่าง ๆ มาศึกษาหาความรู้ร่วมกับคณาจารย์ในมหาวิทยาลัย มีการแจก Kit AFM ไปยังโรงเรียนต่าง ๆ และมีแผนการที่จะแจก Kit STM ให้โรงเรียนทั้งหมดในเร็ว ๆ นี้ เพื่อให้ครูและนักเรียนได้ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการศึกษาและทดลองได้ด้วยตนเอง

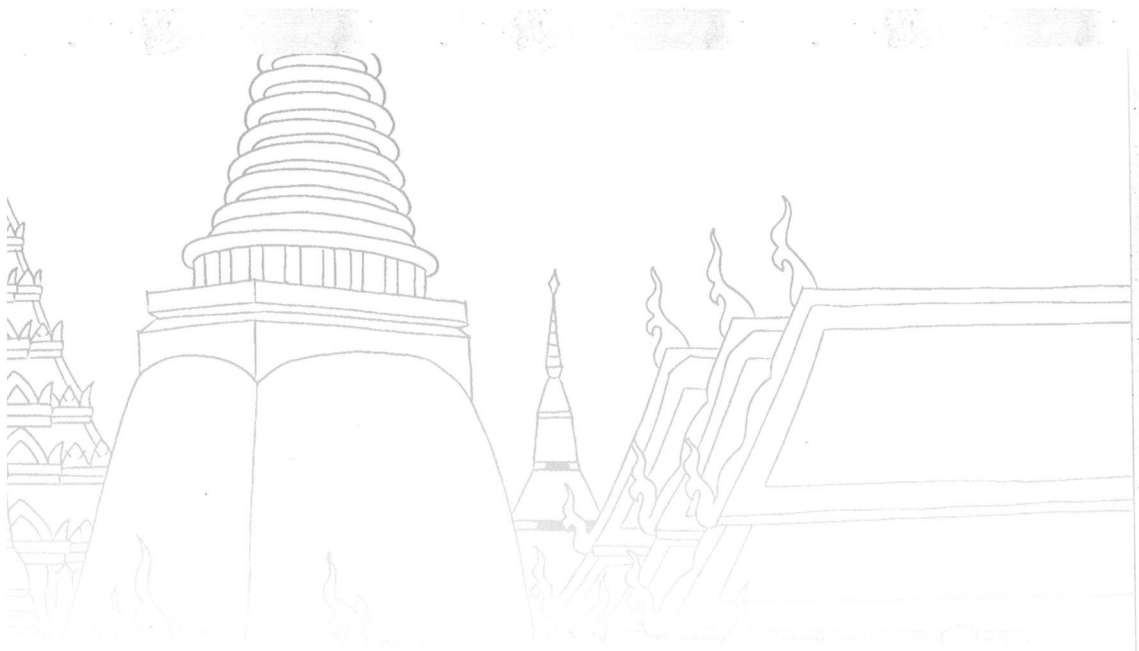
สรุป

ความก้าวหน้าอย่างเร่งรุดในสาขาวิชาด้านนาโนเทคโนโลยีได้เปิดโลกทัศน์ใหม่ให้มนุษย์สามารถที่จะเข้าใกล้จุดกำเนิดของธรรมชาติต่าง ๆ เข้าไปทุกขณะ สิ่งต่าง ๆ ที่เคยเป็นข้อจำกัดในด้านกายภาพกำลังจะหมดไป มนุษย์สามารถที่จะสร้างสรรค์วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์และเครื่องใช้ไม้สอยต่าง ๆ และแก้ปัญหาที่ท้าทายความสามารถทั้งในด้านพลังงาน อาหาร การเกษตร การสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิผล อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีทุกอย่างเป็นเสมือนดาบสองคมที่สามารถใช้สร้างสรรค์หรือสร้างความหายนะได้ในอัตราเดียวกัน จึงควรที่จะมีการกำหนดเกณฑ์ในการควบคุมใช้งานนาโนเทคโนโลยีให้เกิดผลกระทบในด้านลบให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในอนาคตอันใกล้นี้

สำหรับประเทศไทยนั้น การเริ่มต้นศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านนาโน-เทคโนโลยีที่ล้าหลังบางประเทศเพียงไม่นานนัก นับเป็นสิ่งที่ดีที่จะทำให้เรามีโอกาสจะก้าวตามทันได้บ้าง ประเด็นปัญหาหลักของประเทศไทยในด้านนี้เห็นจะเป็นเช่นเดียวกับการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอื่น ๆ คือ การขาดแคลนกำลังคนที่มีความรู้ความสามารถ ตราบใดที่เด็กนักเรียนไต้หวันและครูในโรงเรียนสามารถมองเห็นอะตอมได้อย่างชัดเจน ในขณะที่นักศึกษาและคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยของไทยยังต้องอาศัยจินตนาการอยู่แล้ว ตราบนั้น***เราคงต้องคิดถึงกลยุทธ์ในการก้าวกระโดดอย่างรวดเร็วเพื่อย่นย่อระยะทางให้สั้นที่สุดเท่าที่เราจะทำได้ภายใต้ทรัพยากรจำกัด***

เอกสารอ้างอิง

1. ยอดหทัย เทพธรานนท์ 2545. นาโนเทคโนโลยี...เทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋ว บทนำ หน้า 1-12 มูลนิธิบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 102 หน้า.
2. Paul Holister: Nanotech; the tiny revolution; CMP Cientifica, July 2002.
3. ธีระชัย พรสินศิริรักษ์ ร่างแผนแม่บทด้านนาโนเทคโนโลยี เอกสารเสนอคณะกรรมการบริหารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ; 26 กุมภาพันธ์ 2547.
4. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ นาโนเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน power point ประกอบการบรรยายคณะผู้บริหารการเคหะแห่งชาติ; 26 พฤศจิกายน 2546.



๕

สังคมดิจิตัล

ชัยวัฒน์ คุประตกุล
สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
และสภาวิจัยแห่งชาติ

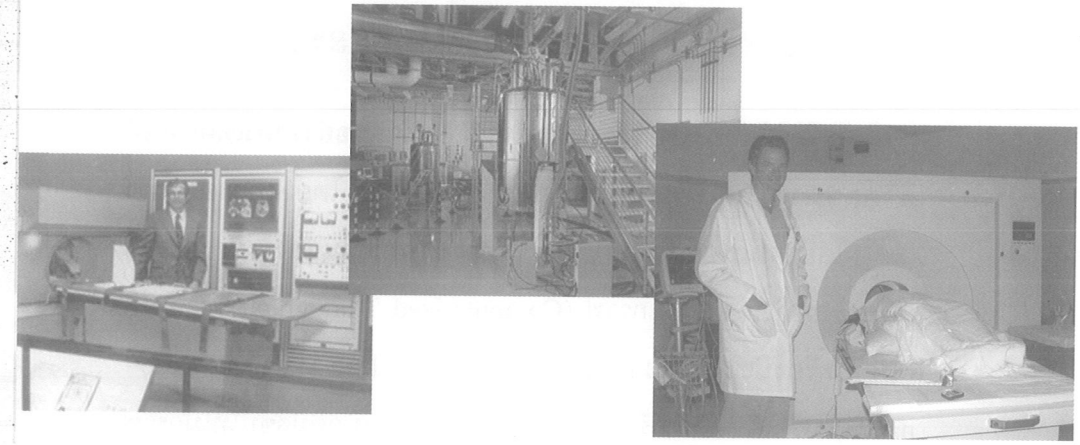
สังคมดิจิตัลกับเทคโนโลยี

สังคมดิจิตัลเริ่มต้นอย่างเงียบ ๆ ตั้งแต่ทศวรรษที่หกสิบแห่งศตวรรษที่ยี่สิบ กับการก้าวเข้าสู่โลกของวิทยาศาสตร์และธุรกิจขนาดใหญ่ของคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ คือ **เมนเฟรมคอมพิวเตอร์** (main frame computer) อย่างไรก็ดี ลำพังเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ ไม่สามารถจะนำโลกก้าวเข้าสู่สภาพของสังคมดิจิตัลได้ ถ้าขาดพัฒนาการต่อเนื่องของระบบคอมพิวเตอร์ คือ **ไมโครคอมพิวเตอร์**และ**เทคโนโลยีการสื่อสาร** ที่เชื่อมต่อทุกตำแหน่งแห่งที่บนโลกได้อย่างแท้จริง ซึ่งนอกเหนือไปจากระบบการสื่อสารพื้นฐานตามสายและชนิดไร้สายที่เครือข่ายการสื่อสารทั้งหมดอยู่บนพื้นผิวโลกแล้ว เทคโนโลยีการสื่อสารที่มีบทบาทอย่างสำคัญก็คือ **ดาวเทียมสื่อสาร**

คอมพิวเตอร์เป็นเทคโนโลยีดิจิตัลเต็มตัว เครือข่ายการสื่อสารที่เชื่อมต่อการสื่อสารทุกตำแหน่งทั่วโลก มีทั้งส่วนเป็นเทคโนโลยีดิจิตัลและส่วนเป็นเทคโนโลยีอนาล็อก แต่คอมพิวเตอร์และเครือข่ายการสื่อสารทั่วโลกนี้เองเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักของ **"ทางหลวงข่าวสาร"** (Information highway หรือ Information superhighway) กำลังทำให้โลกมีสภาพเป็น **"หมู่บ้านโลก"** (Global village) อย่างแท้จริง

เทคโนโลยีดิจิตัล: ขนาดใหญ่และเล็ก

เทคโนโลยีดิจิตัลในปัจจุบันมีทั้งขนาดใหญ่และเล็ก**ตัวอย่างของเทคโนโลยีดิจิตัลขนาดใหญ่** คือ เครื่องมือด้านการแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีการแพทย์ที่ใช้ในการถ่ายภาพสภาพภายในของร่างกาย อาทิ เครื่องคอมพิวเตอร์โทโมกราฟ (Computerized Tomograph) หรือ ซีที (CT) เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกรีโซแนนซ์ (Nuclear Magnetic Resonance) หรือเอ็นเอ็มอาร์ (NMR) เครื่องโปสิทรอนิกอิมิสชันโทโมกราฟ (Positronic Emission Tomograph) ที่เป็นเทคโนโลยีขนาดใหญ่เจาะสภาพภายในของร่างกาย นอกเหนือไปจากการมีบทบาทอย่างสำคัญในการวินิจฉัยโรคและการให้การรักษาที่ถูกโรคอย่างแท้จริงแล้ว ก็กำลังมีบทบาทสำคัญในการช่วยนักวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้ในเรื่องกลไกการทำงานของร่างกายมนุษย์ เช่น สมอง อย่างก้าวกระโดด โดยเครื่องถ่ายภาพภาคตัดขวางสภาพภายในของร่างกายสามารถแสดงรายละเอียดความแตกต่างที่ละเอียดอ่อน ความเป็นไปและความเคลื่อนไหวภายในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ดังเช่นสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของสมอง ทำให้แพทย์สามารถวินิจฉัยเหตุแห่งความไม่ปรกติ หรืออาการเจ็บไข้ได้ป่วยของร่างกายได้อย่างละเอียด แม่นยำ



รูปที่ 5.1 เครื่องคอมพิวเตอร์โทโมกราฟ เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติก-รีโซแนนซ์และเครื่องโปสิทรอนิกอิมิสชันโทโมกราฟ

(http://pir.georgetown.edu/nbrf/two.html, http://www.answers.com/main/content/wp/en/thumb/b/b8/300px-Pacific_Northwest_National_Laboratory_800_MHz_NMR_Spectrometer.jpg, http://userwww.service.emory.edu/~jdbremn/images/hrrt_db.jpg)

ตัวอย่างของเทคโนโลยีดิจิตัลขนาดเล็ก คือ คอมพิวเตอร์ชิพที่มีหลากหลายชนิดซึ่งนับวันมีแต่จะลดขนาดลงแต่ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เช่น จากชิพคอมพิวเตอร์ (electronic-chip) ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ลงไปถึงชิพคอมพิวเตอร์ชีวภาพหรือไบโอชิพ (biochip) และนาโนชิพ (nanochip) ถึงแม้ว่าแนวโน้มเทคโนโลยีดิจิตัลจะมีขนาดเล็กลงไปเรื่อย ๆ ในขณะที่ขีดความสามารถกลับเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่เทคโนโลยีดิจิตัลขนาดใหญ่ก็จะยังอยู่กับมนุษย์ไปอีกนาน ด้วยเหตุผลสำคัญที่ว่าเทคโนโลยีดิจิตัลเป็น **"กระแส"** สำหรับคนหมู่มาก เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิตัล หรือเพราะยังเป็นที่ถูกบีบบังคับโดยแหล่งเงินสนันสนุน อย่างเช่น เทคโนโลยีเกี่ยวกับการสื่อสารและควบคุมการทำงานของยานสำรวจอวกาศ ที่ก็จะมีขนาดเล็กลง...เล็กลง

สังคมดิจิตัล: มหัศจรรย์...แต่ ดีจริงหรือ?

สังคมดิจิตัล มหัศจรรย์อย่างไร? แค่ไหน?

> *ฉากหนึ่งในอนาคต :*
> *คนสองคน เพียงแค่จับมือกัน ก็สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล ข่าวสารระหว่างกันได้ โดยไม่ต้องกล่าวอะไรออกมาเลย!*
> *คนสองคน ที่ต่างก็สวมเสื้อผ้าและถุงมือพิเศษ มีชิพระดับเล็กจิ๋วและถึงระดับนาโนฝังอยู่ในถุงมือและในเสื้อผ้า*

ข้อมูลที่แลกเปลี่ยนกันอาจจะเป็นข้อมูลจำเพาะทางด้านสุขภาพที่จะช่วยให้แพทย์สามารถตรวจสอบสภาพภายในร่างกายของคนป่วยได้อย่างแม่นยำ หรืออาจเป็นข้อมูลจำเพาะส่วนตัว ได้แก่ ข้อมูลในบัตรประจำตัวประชาชน หรือในทะเบียนบ้าน คือ วัน เดือน ปี สถานที่เกิด ชื่อ-นามสกุลของบิดา-มารดา ประวัติการศึกษา และข้อมูลเฉพาะตัวในเรื่องของการประกอบอาชีพหรือประวัติการทำงาน หรืออาจเป็นข้อมูลทั่วๆ ไป ทั้งหมดที่คนสองคนเต็มใจและแลกเปลี่ยนกัน รวมไปถึงข้อมูลทัศนคติ รสนิยมส่วนตัวในเรื่องต่างๆ เช่น ความชอบส่วนตนในเรื่องของกีฬา ดนตรี ภาพยนตร์ ฯลฯ ฉากอันน่าพิศวงชวนมหัศจรรย์นี้ยังไม่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิผลในปัจจุบัน แต่กำลังก่อตัวเป็นรูปร่างหยาบๆ เป็นเทคโนโลยีในระยะการวิจัยและพัฒนาอยู่ในห้องทดลองวิทยาศาสตร์ระดับโลกบางแห่ง โดยที่มีความก้าวหน้าค่อนข้างเร็วในรูปแบบของการบันเทิงคือ ภาพยนตร์

ทว่า ฉากดังกล่าวนี้ดีจริงหรือไม่? เป็นคำถามที่มีการตั้งคำถามกันดังๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเด็นผลกระทบต่อสังคมและศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ เป็นประเด็นเชิงชีวจริยธรรม (Bioethics) ด้วย ประเด็นที่มาจากการเปิดประตูรับเทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างสุดกู่ โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่จะสร้างปัญหาคุกคามศักดิ์ศรีแห่งความเป็นมนุษย์และสิทธิอีกทั้งเสรีภาพอันชอบธรรมแห่งการดำเนินชีวิต

จับตาประเทศไทย: สภาพสังคมดิจิตัลในปัจจุบัน

สภาพสังคมดิจิตัลของไทยในปัจจุบันเป็นอย่างไร?

ภาพที่ปรากฏโดยทั่วไปคือ ประเทศไทยพยายามจะยกระดับฐานะประเทศให้เป็นสังคมดิจิตัลระดับโลก โดยเปิดประตูรับเทคโนโลยีที่แปลกใหม่อย่างเต็มที่ ประะเทศไทยเป็นประเทศแรก ๆ ของโลกที่ประกาศตนขอเข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งเครือข่าย "ทางหลวงข่าวสาร" ของโลก แต่ทว่าปัญหาเดิมของไทยซึ่งทำให้คำกล่าวเรียกประเทศไทย เป็น **"ประเทศที่ทันสมัย แต่ไม่พัฒนา"** ยังเป็นจริงอยู่ถึงทุกวันนี้คือ การเปิดประตูรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ อย่าง **"ใจร้อน"** โดยไม่มีการเตรียมตัวสังคมไทยให้พร้อมที่จะเผชิญกับบทบาทและผลกระทบของเทคโนโลยีใหม่ ๆ อย่างเหมาะสม หรืออย่างสร้างสรรค์สิ่งที่เกิดขึ้นจึงเป็นเปลือกที่ผิวเผินของความ "ทันสมัย" อันเป็นสัญลักษณ์ของสังคมเทคโนโลยีทันสมัยที่มีสีสันโดยที่ผู้คนส่วนใหญ่ตกเป็น **"ทาส"** ของเทคโนโลยีใหม่ แทนที่จะเป็น **"นาย"** ของเทคโนโลยีอย่างที่น่าจะเป็น

สถานการณ์สายเกินไปหรือยัง? สำหรับการปรับตัวหรือเปลี่ยนสังคมไทยให้เป็นสังคมที่สามารถใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีใหม่อย่างสร้างสรรค์ ผู้เขียนเชื่อว่า ***ยังไม่สายเกินไป*** แนวทางหนึ่งที่เชื่อว่าจะเป็นแนวทางสามารถช่วยให้สังคมไทยปรับตัวเป็นสังคมที่ทันสมัย โดยไม่ตกเป็นทาสของเทคโนโลยี คือ การเปิดใจเปิดสมองให้กว้าง ศึกษา **"ภาพอนาคต"** ที่สามารถจะเกิดขึ้นได้แล้วเลือกเส้นทางที่เหมาะสมไปสู่อนาคตที่พึงประสงค์

ฉากอนาคตสองแบบ
พุ่งหน้าเต็มที่ หรือตื่นตัว...แต่ยั่งยืน

"การสร้างฉากอนาคต" หรือ **"SCENAR 10"** เป็นวิธีการหนึ่งของการเตรียมตัวสังคม เพื่อการเดินทางสู่อนาคตที่พึงประสงค์ เป็นหนึ่งในหลายวิธีการของ **"อนาคตศาสตร์"** (Futurism) ซึ่งมีผลช่วยสังคมทั่วโลก (ที่เข้าใจอนาคตศาสตร์) ให้สามารถมีอนาคตที่พึงประสงค์ได้

ขอฉายภาพอนาคตสองแบบของอนาคตสังคมดิจิตัลของประเทศไทยอย่างคร่าว ๆ เพื่อจะได้สามารถเสนอมุมประเด็นที่สำคัญของอนาคตประเทศไทยให้ได้มากที่สุดในพื้นที่การนำเสนอที่จำกัดโดยผู้เขียนเลือกฉายภาพอนาคตสองแบบที่เกิดขึ้นได้จากความเข้มข้นของการใช้เทคโนโลยีดิจิตัล โดยแบบหนึ่งเป็น**แบบสุดโต่ง** อีกแบบหนึ่งเป็น**แบบสายกลาง** เพื่อให้ท่านผู้อ่านได้เห็น และในที่สุดได้มีส่วนร่วมอย่างสำคัญในการกำหนดทิศทางสังคมดิจิตัลไทยในอนาคตที่ท่านอยากให้เป็น

สังคมดิจิตัลสองแบบที่ขอนำเสนอ ได้แก่ :

*หนึ่ง: **พุ่งหน้าเต็มที่** (full speed ahead)*
เป็นสังคมดิจิตัลที่จะเกิดจากการเปิดประตูกว้างรับเทคโนโลยีดิจิตัลอย่างเต็มที่ มุ่งหวังประสิทธิผลจากเทคโนโลยีเป็นสำคัญ

*สอง: **ตื่นตัว แต่ยั่งยืน** (alert but sustainable)*
เป็นสังคมดิจิตัลที่เปิดใจเปิดสมองกว้างในการติดตามและศึกษาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิตัลใหม่ ๆ แต่เลือกที่จะรับเฉพาะเทคโนโลยีดิจิตัลที่เหมาะสม หรือในระดับที่เหมาะสมสำหรับสังคมไทย โดยยึดมั่นในหลักการของการก้าวไปข้างหน้า หรือพัฒนาการของสังคมไทยที่ยั่งยืน

ประเด็นใหญ่สำหรับ 2 ฉาก อนาคตของประเทศไทยเปรียบเทียบ

ในการเดินทางไปดูฉากอนาคตสังคมดิจิตัลสองแบบ ที่เชื่อว่า "เลือกได้ก่อนที่จะสายเกินไป" ทั้งในเรื่องของ***การตกขบวนเทคโนโลยีดิจิตัล และการตกเป็นทาสของเทคโนโลยีดิจิตัล*** ทั้งนี้ขอย้ำว่าเป็นเพียงฉากอนาคตที่คร่าวๆ หรืออย่างหยาบๆ ของประเด็นที่นำมากล่าวถึงเท่านั้น เพราะในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดสาระและเนื้อหาที่สามารถแยกศึกษาวิเคราะห์อย่างเจาะลึกได้มากมาย อีกทั้งในส่วนประเด็นผู้เขียนก็เลือกเพียงบางประเด็นที่น่าสนใจเป็นพิเศษมากล่าวถึง

การศึกษา

เทคโนโลยีดิจิตัลมีศักยภาพจะเปลี่ยนโลกการศึกษาอย่างไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ทำให้การศึกษาเป็นแบบไร้พรมแดน ไร้ขีดจำกัดเรื่องมิติแห่งเวลาและไร้ขีดจำกัดเรื่องกรอบอายุของผู้เรียนทำให้การศึกษาตลอดชีพเกิดขึ้นได้ ที่สำคัญเทคโนโลยีดิจิตัลสามารถช่วยให้การศึกษาในห้องเรียนเป็นการศึกษาที่น่าตื่นเต้น ผู้สอนสามารถนำเสนอเนื้อหาสาระที่มีพร้อมทั้งภาพและเสียง ที่สื่อการศึกษาปรกติในห้องเรียน (มีเพียงกระดานดำ ชอล์ก และหนังสือเรียน) ไม่สะดวกหรือไม่สามารถนำเสนอได้

เทคโนโลยีดิจิตัลกำลังมีบทบาทอย่างสำคัญในเรื่องของการศึกษาทางไกล (distance learning) e-Learning มหาวิทยาลัยเสมือน (virtual university) ฯลฯ โดยที่เทคโนโลยีดิจิตัลมีศักยภาพช่วยในการศึกษาทุกรูปแบบ การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลแบบ **"พุ่งหน้าเต็มที่"** แบบหนึ่งคือ การนำเทคโนโลยีดิจิตัลเข้ามาใช้แทนครูผู้สอนที่เป็นมนุษย์ หมายถึง การนำเอา **"ครูดิจิตัล"** เข้ามาแทน **"ครูมนุษย์"** อย่างเต็มที่ ซึ่งก็มีสถาบันการศึกษาหัวก้าวหน้าบางแห่งในบางประเทศได้ทดลองทำมาแล้วและกำลังพยายามที่จะใช้กันอยู่

สำหรับการนำเทคโนโลยีดิจิตัลมาใช้ในการศึกษาแบบ **"ตื่นตัว แต่ยั่งยืน"** หมายถึงอะไร? กล่าวอย่างตรง ๆ ก็คือว่า *เป็นการนำเอาส่วนที่ดีของเทคโนโลยีดิจิตัลเข้ามาช่วยในการสอนโดยครูมนุษย์* มิใช่เป็นการปฏิเสธเทคโนโลยีไปเสียทั้งหมด เพราะที่สุดของที่สุดคือ ***ไม่มีเทคโนโลยีสำหรับการศึกษาใด ๆ ที่จะเข้ามาแทนที่ครูมนุษย์ได้เสียทั้งหมด***

อุตสาหกรรม ธุรกิจ บริการ

จากการที่คอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์คอมพิวเตอร์ มีศักยภาพในการทำงานอุตสาหกรรมอย่างเหนือมนุษย์ในทุก ๆ ด้าน ทั้งประสิทธิภาพ การควบคุมคุณภาพการผลิต สามารถทำงานได้ในช่วงเวลายาวนาน (วันละ 24 ชั่วโมง) ไม่มีปัญหาเรื่องความหงุดหงิดของอารมณ์และไม่มีการเรียกร้องค่าแรงงานเพิ่ม จึงไม่น่าประหลาดใจว่า ธุรกิจและบริการทุกประเภท เช่น ธนาคารล้วนต้องการเทคโนโลยีดิจิตัล ซึ่งถ้าสามารถใช้เทคโนโลยีดิจิตัลทำงานแทนพนักงานที่เป็นมนุษย์ที่มีเลือดมีเนื้อได้มากถึง 75% จะทำให้ทำงานและบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และให้บริการธนาคารแก่ลูกค้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง

ในโรงงานอุตสาหกรรมในธุรกิจและงานบริการ เทคโนโลยีดิจิตัลจะสามารถทำงานแทนมนุษย์ได้แทบทั้งหมด โรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้หุ่นยนต์คอมพิวเตอร์แทนมนุษย์ได้ถึง 90% ถ้าต้องการให้มีผลิตผลเพิ่มขึ้นมากมาย การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลในโรงงานอุตสาหกรรม ในวงการธุรกิจและบริการอย่าง **"พุ่งหน้าเต็มที่"** จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายเป็นค่าจ้างคนทำงานที่เป็นมนุษย์จริง ๆ ได้มาก อีกทั้งยังได้ผลผลิตของงานเพิ่มขึ้นอีกด้วย

แต่.....จะทำอย่างไรกับคนที่ถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี?

การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับธุรกิจและบริการแบบ "ตื่นตัว แต่ยั่งยืน!" มิใช่การปฏิเสธเทคโนโลยีที่ได้กล่าวไปแล้ว หาก

เป็นการนำเข้ามาใช้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยป้องกันผลกระทบรุนแรงต่อสังคม และรักษาศักดิ์ศรีแห่งความเป็นมนุษย์อีกด้วย เพราะสำหรับคนส่วนใหญ่ทั่วโลก ผลที่ได้จากการทำงาน มิใช่เพียงค่าตอบแทนเป็นค่าจ้างเท่านั้น หากเป็นการ **"ได้ทำงาน"** ซึ่งสำหรับคนเป็นจำนวนไม่น้อยสำคัญกว่าตัวเลขเป็นเงินรายได้จากการทำงานเสียอีก

สื่อและสื่อมวลชน

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (electronic book) หรือ e-book กำลังมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเป็นที่วิตกกังวลของคนรัก **"หนังสือกระดาษ"** (ตีพิมพ์ด้วยวัสดุกระดาษเป็นเล่ม) ว่า หนังสือกระดาษจะสูญพันธุ์ สื่อมวลชนรูปแบบใหม่สุดคือ **สื่อไซเบอร์** (cyber-media) กำลังเข้ามามีบทบาทในสังคมมนุษย์..... รวมทั้งประเทศไทย.....เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว แข่งขันกับสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวิทยุและสื่อโทรทัศน์

การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลอย่าง "พุ่งหน้าเต็มที่" ก็จะทำให้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เข้ามาแทนที่หนังสือกระดาษมากขึ้น เร็วขึ้น **แต่การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลอย่าง "ตื่นตัว แต่ยั่งยืน"** คือ การนำเอาเทคโนโลยีดิจิตัลเข้ามาพัฒนาการผลิตหนังสือกระดาษให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น เช่น น่าอ่านยิ่งขึ้น มีเทคนิคใหม่ ๆ ในการจัดทำภาพประกอบและรูปเล่มให้มีสีสันและมีชีวิตมากขึ้น สำหรับแนวโน้มการแข่งขันระหว่างหนังสือกระดาษกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ถึงวันนี้ปรากฏชัดเจนว่า หนังสืออิเล็กทรอนิกส์จะเข้ามาทดแทนหนังสือกระดาษมากขึ้น แต่....ข่าวดีสำหรับคนรักหนังสือกระดาษคือ **หนังสือกระดาษจะ "ไม่ตาย"** หรือจะอยู่กับมนุษย์ไปอีกนาน

ความเป็นส่วนตัวและสิทธิมนุษยชน

เทคโนโลยีดิจิตัลมีศักยภาพสูงเป็นพิเศษในการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลทุก ๆ

ด้าน ไม่ว่าจะเป็นประวัติส่วนตัวเช่น วัน-เดือน-ปี-สถานที่-เกิด การศึกษา การประกอบอาชีพหรือการทำงาน สุขภาพ รายได้ และความผิดต่อกฎหมาย ไม่ว่าจะเป็นความผิดเล็ก ๆ น้อย ๆ (เช่น การกระทำผิดกฎจราจร) จนถึงอาชญากรรมร้ายแรงทุกประเภท เทคโนโลยีดิจิตัลจึงมีศักยภาพในการเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการและบริการขององค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนอย่างไม่มีสิ้นสุด

อย่างไรก็ดี เทคโนโลยีดิจิตัลที่ถูกใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลก็หมิ่นเหม่และเปราะบางที่สุด ต่อปัญหา**การล่วงละเมิดความเป็นส่วนตัว** (invasion of privacy) และ**การล่วงละเมิดสิทธิมนุษยชน** การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลในเรื่องข้อมูลส่วนบุคคลนั้น มีความเสี่ยงสูงต่อการทำให้เกิดสภาพของสังคมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ประชาชนของประเทศถูกแบ่งชนชั้น เป็นพลเมืองระดับต่าง ๆ กัน ชนชั้นต่าง ๆกันตามระดับการศึกษา รายได้ อาชีพ ฯลฯ คนบางคนอาจถูกจำกัดอนาคตในเรื่องการศึกษาและอาชีพตั้งแต่เกิด เนื่องจากข้อมูลทางพันธุกรรมที่ได้จากการถอดรหัสยีนมนุษย์

เทคโนโลยีดิจิตัลแบบ "พุ่งหน้าเต็มที่" สำหรับเรื่องความเป็นส่วนตัวและสิทธิส่วนบุคคล จึงมีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนสภาพสังคมเป็นแบบไม่พึงประสงค์ ดังเช่นสังคมแบบ **"BIG BROTHER IS WATCHING YOU!"** ในภาพยนตร์จากวรรณกรรมคลาสสิก เรื่อง 1984 ของจอร์ช ออร์เวลล์ (George Orwell)

สังคมดิจิตัลแบบ "ตื่นตัว แต่ยั่งยืน" สำหรับประเด็นความเป็นส่วนตัวและสิทธิมนุษยชน เป็นสังคมที่สามารถจะเกิดขึ้นได้อยู่แล้ววันนี้ และจะช่วยเสริมสร้างคุณภาพชีวิตของผู้คนในสังคมได้อย่างวิเศษ เช่น การให้บริการของภาครัฐเกี่ยวกับประวัติส่วนตัว เพื่อประโยชน์ในการศึกษา การประกอบอาชีพ โดยไม่ล่วงล้ำเข้าไปในเรื่องของความเป็นส่วนตัวและสิทธิมนุษยชน ซึ่งเป็นประเด็นใหญ่เชิงจริยธรรมทั่วโลกวันนี้

สุขภาพและเทคโนโลยีการแพทย์แปลกใหม่

สำหรับมนุษย์ทุกยุคสมัย ไม่มีอะไรจะสำคัญไปกว่าเรื่องของสุขภาพ เทคโนโลยีการแพทย์ที่ก้าวหน้าและมีศักยภาพจะให้คุณค่าที่ดีแก่คุณภาพชีวิตมนุษย์ แต่ก็มีศักยภาพที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อมนุษย์ในอนาคตอย่างรุนแรงทั้งในเชิงบวกและเชิงลบอย่างไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ด้วยข้อมูลความรู้ใหม่ ๆ เกี่ยวกับร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สมองมนุษย์ และความก้าวหน้าที่รวดเร็วของการนำเทคโนโลยีแปลกใหม่ เช่น เทคโนโลยีดิจิตัล ไปก่อให้เกิดสภาพของคนยุคอนาคต ทำให้คนจำนวนหนึ่งมีความสามารถในระดับเหนือคนทั่วไปทั้งในเชิงกายภาพและสมอง

ความรู้ใหม่ ๆ เกี่ยวกับ**สเต็มเซลล์** (stem cell) การฝังชิพคอมพิวเตอร์เล็กจิ๋วในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสมอง ซึ่งสามารถจะเพิ่มขีดความสามารถในด้านการทำงานของสมอง เช่น ระดับไอคิว และการปรับแต่งหรือดัดแปลงยีนของไข่กับสเปิร์ม ก่อนจะรวมตัวกันกำเนิดเป็นมนุษย์พันธุ์ใหม่ที่จะเติบโตเป็นมนุษย์ (ดูจะสมบูรณ์พร้อมทั้งรูปร่าง หน้าตา และความฉลาด)

รูปแบบหนึ่งของการใช้เทคโนโลยีดิจิตัลแบบ "พุ่งหน้าเต็มที่" สำหรับเรื่องของสุขภาพ จะเป็นการใช้เทคโนโลยีการแพทย์ยุคก้าวหน้าสร้างคนพันธุ์ใหม่ที่ (เชื่อว่า) จะมีไอคิวสูงกว่าคนทั่วไปประมาณ 50% หรือมีแววเป็นซูเปอร์นักกีฬามาตั้งแต่เกิด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแนวโน้มเรื่อง **"เด็กจากการออกแบบยีน"** (designer's baby)

การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลเพื่อสุขภาพของมนุษย์แบบ "ตื่นตัว แต่ยั่งยืน" จะเป็นอย่างไร?

เป้าหมายใหญ่ จะเป็นการช่วยให้คนสามารถจะมีสุขภาพที่ดีอย่างเป็นธรรมชาติของคนทั่วไปให้มากที่สุด มิใช่เพื่อจะสร้างมนุษย์พันธุ์ใหม่เพื่อให้

"เหนือคนอื่นๆ" ในทุกๆ ด้าน ซึ่งที่ชัดเจนคือ การพัฒนาเทคโนโลยีการแพทย์ในการต่อสู้กับโรคภัยไข้เจ็บและการซ่อมแซมร่างกายของคนที่ได้รับบาดเจ็บจากเหตุ เช่น อุบัติเหตุหรือจากการปฏิบัติหน้าที่ของทหาร ตำรวจ และช่วยให้คนพิการสามารถจะดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพและความภาคภูมิใจได้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการใช้ชีวิตประจำวัน การศึกษาและการทำงานประกอบอาชีพ

ข้อดีที่สุดอย่างหนึ่งของการใช้เทคโนโลยีดิจิตัลเพื่อสุขภาพอย่าง "ตื่นตัวแต่ยั่งยืน" คือ การปลอดภัยจาก "ผลข้างเคียง" ที่ไม่พึงประสงค์ของการใช้เทคโนโลยีดิจิตัลด้านการแพทย์อย่าง "มุ่งหน้าเต็มที่"

ภูมิปัญญาท้องถิ่น ภูมิปัญญาชาวบ้านและคุณค่าเชิงวัฒนธรรม

ชนชาติไทยเป็นชนชาติเก่าแก่มีประวัติย้อนหลังไปไกลอย่างน้อยกว่า 700 ปี ถึงยุคสมัยกรุงสุโขทัยเป็นราชธานี ความเป็นชนชาติที่เก่าแก่ ทำให้ประเทศไทยมีมรดกทางวัฒนธรรมของตนเองที่ยาวนาน ซึ่งรวมทั้งส่วนที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นและภูมิปัญญาชาวบ้าน

เทคโนโลยีดิจิตัลมีศักยภาพสูงในการศึกษาอดีตและอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมที่ดีงาม **แต่การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลแบบ "พุ่งหน้าเต็มที่"** อาจทำให้เกิดการเดินทางผิด คิดใช้เทคโนโลยีอย่างเต็มที่ในการศึกษาและอนุรักษ์ งามทั้งการนำเสนอในรูปแบบของนิทรรศการหรือสร้างพิพิธภัณฑ์ดิจิตัล **ที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีแทนมนุษย์ให้มากที่สุด**

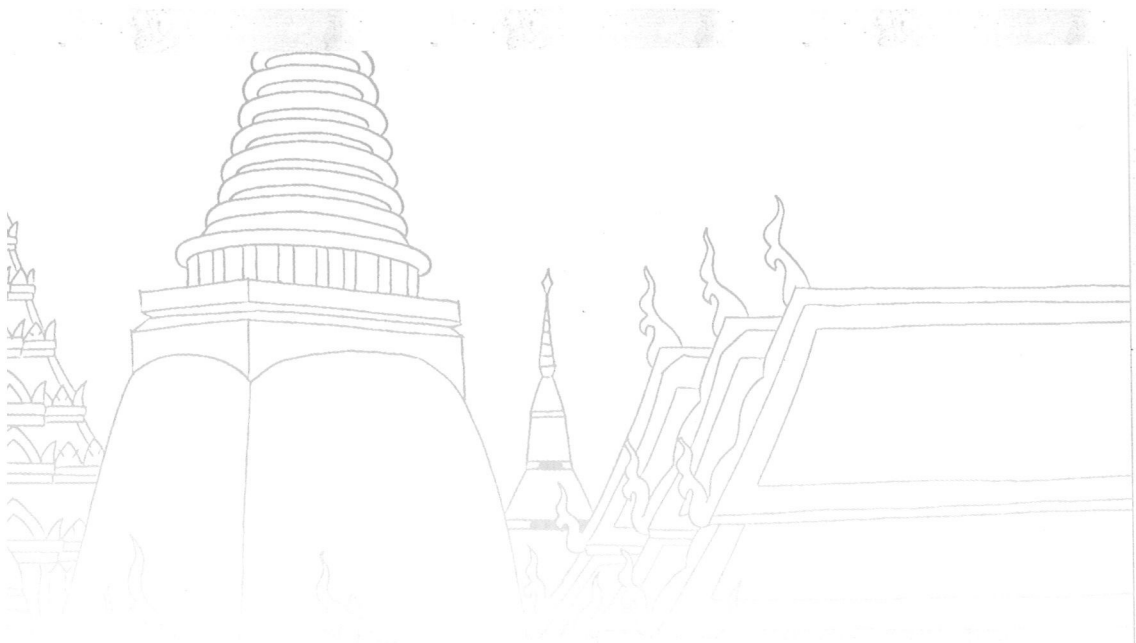
การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลแบบ "ตื่นตัว แต่ยั่งยืน" สำหรับเรื่องภูมิปัญญาท้องถิ่น ภูมิปัญญาชาวบ้านและคุณค่าเชิงวัฒนธรรม คือ การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยอย่างเหมาะสม มิใช่เข้ามาแทนที่มนุษย์ เพื่อรักษาคุณค่ามรดกทางวัฒนธรรมอันดีงามที่มีอยู่ในมนุษย์แต่ละคน ที่ไม่มีเทคโนโลยีใดๆ ไม่ว่าจะก้าวหน้าแค่ไหน จะเก็บไว้ได้ทั้งหมดหรือแทนที่ได้

เพื่อสังคมดิจิตัลที่พึงประสงค์

สังคมที่พึงประสงค์ไม่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ แต่ต้องถูกสร้างขึ้นมา *เทคโนโลยีดิจิตัลมีศักยภาพสูงในการสร้างสังคมที่ "มหัศจรรย์" แต่สังคมจะต้องไม่ลืมที่จะตั้งคำถามว่า "ดีจริงหรือ?"* **บทสรุปรวบยอดเป็นกุญแจสำคัญสำหรับดิจิตัลในอนาคตที่พึงประสงค์ คือ ยุทธศาสตร์การใช้เทคโนโลยีดิจิตัลเชิงรุกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน !**

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2547 หน้าต่างอนาคต สำนักพิมพ์สถาพรบุ๊คส์.
2. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2547 มหัศจรรย์แห่งชีวิต สำนักพิมพ์สารคดี.
3. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2546 กรุงเทพศตวรรษ 21 พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงใหม่ สำนักพิมพ์แสงพระอาทิตย์.
4. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2546 ประวัติศาสตร์อนาคต สำนักพิมพ์สารคดี.
5. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2545 วิถีแห่งปัญญา มูลนิธิวิถีทรรศน์.
6. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2544 จากอะตอมถึงจักรวาล สำนักพิมพ์สารคดี.
7. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2545 อยู่กับโลกยุคไฮ-เทค สำนักพิมพ์ประพันธ์สาส์น.
8. ชัยวัฒน์ คุประตกุล. 2546 จักรวาลในเปลือกนัท สำนักพิมพ์ Bear Publishing (แปลจาก Universe In A Nutchell โดย Stephen Hawking).



๖

ประโยชน์และความเสี่ยงจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ต่อสังคมไทย: มุมมองของนักประชากรศาสตร์และนักฟิสิกส์

เกื้อ วงศ์บุญสิน
วิทยาลัยประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เดวิด รูฟโฟโล
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

แนวโน้มการเพิ่มของประชากร

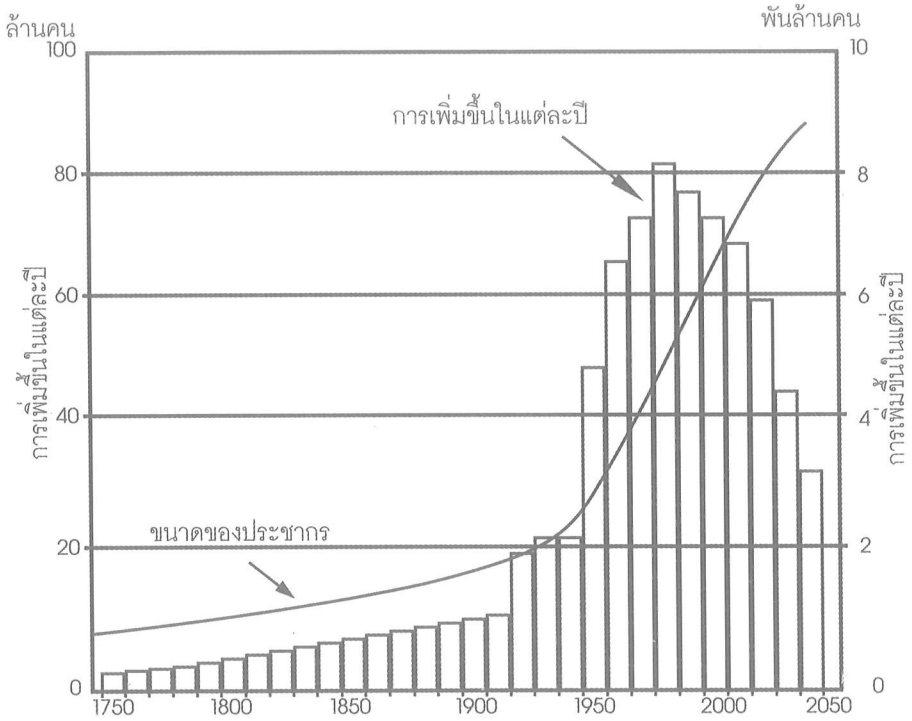
การเพิ่มของประชากรในศตวรรษที่ 20 เป็นไปอย่างรวดเร็วตั้งแต่ ค.ศ. 1950 (พ.ศ. 2493) (ตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.1) ส่งผลให้ประชากรโลกเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าในอดีตที่ผ่านมา กล่าวคือ จากการที่เคยใช้เวลาถึง 123 ปีในการเพิ่มประชากรโลกหนึ่งพันล้านคน กลับใช้เวลาเพียง 33 ปี สาเหตุหลักของการเพิ่มประชากรอย่างรวดเร็วดังกล่าวคือ การลดลงของภาวะการตายในประเทศกำลังพัฒนา ทั้งนี้การคาดประมาณครั้งล่าสุดขององค์การสหประชาชาติ (United Nations, 1999) พบว่าประชากรโลกมีจำนวน 6 พันล้านคนเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 1999 (พ.ศ. 2542) โดยใช้เวลาเพียง 12 ปีในการเพิ่มประชากร 1 พันล้านคน นับเป็นอัตราการเพิ่มร้อยละ 1.3 ต่อปี ซึ่งหมายถึงการมีประชากรเพิ่มขึ้นประมาณ 78 ล้านคนต่อปี เป็นที่คาดว่าโลกจะมีประชากรเพิ่มเป็น 7 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2013 หรือ พ.ศ. 2556 (14 ปีถัดไป) และเพิ่มเป็น 8 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2028 หรือ พ.ศ. 2571 (15 ปีถัดจากปี 2013) เนื่องจากภาวะเจริญพันธุ์ (Total Fertility Rate: TFR) มีแนวโน้มลดลงจาก 3.0 ในช่วงปี ค.ศ. 1990–1995 (พ.ศ. 2533–2538) เหลือประมาณ 2.1 ในช่วงปี ค.ศ. 2045–2050 (พ.ศ. 2588–2593) อนึ่ง การที่ประชากรโลกจะเพิ่มจาก 8 พันล้านคน เป็น 9 พันล้านคนนั้น จะใช้เวลาถึง 26 ปีหลังจากปี ค.ศ. 2028 หรือ พ.ศ. 2571 และจะใช้เวลาอีกประมาณ 129 ปีจึงจะมีประชากร 1 หมื่นล้านคน

ตารางที่ 6.1 แนวโน้มการเพิ่มของประชากรโลก

จำนวนประชากรโลก	ปี ค.ศ.
1 พันล้านคน	1804
2 พันล้านคน	1927 (123 ปีต่อมา)
3 พันล้านคน	1960 (33 ปีต่อมา)
4 พันล้านคน	1974 (14 ปีต่อมา)
5 พันล้านคน	1987 (13 ปีต่อมา)
6 พันล้านคน	1999 (12 ปีต่อมา)
การคาดการณ์จำนวนประชากรโลก	**ปี ค.ศ.**
7 พันล้านคน	2013 (14 ปีต่อมา)
8 พันล้านคน	2028 (15 ปีต่อมา)
9 พันล้านคน	2054 (26 ปีต่อมา)
10 พันล้านคน	2183 (129 ปีต่อมา)

มีการกล่าวกันมากว่า ความยากจนเป็นข้ออธิบายส่วนหนึ่งของการที่ประชากรโลกในช่วงก่อนปี ค.ศ. 1804 ไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเท่าช่วง ค.ศ. 1950–1999 ความยากจนดังกล่าวเป็นผลจากการที่ประชากรเพิ่มจำนวนขึ้นมากกว่าของความสามารถในการผลิต ทั้งนี้ Thomas Malthus (พิมพ์ครั้งแรก ปี ค.ศ. 1798 และพิมพ์ครั้งที่สอง ปี ค.ศ. 1803) เป็นผู้บุกเบิกพัฒนาแนวคิดเรื่อง **การเพิ่มประชากรกับความสามารถการผลิตดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรม** โดยเห็นว่าการมีทรัพยากรอย่างจำกัดในการเพาะปลูกพืชพันธุ์ธัญญาหาร ประกอบกับการที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาค่อนข้างช้า ในขณะที่ประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การผลิตอาหารลดลงอย่างรวดเร็วโดยอาจถึงระดับต่ำกว่าระดับที่ผู้บริโภคจะพอยังชีพอยู่ได้ ส่งผลให้อัตราการตายเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเมื่อถึงจุดนั้นการ

เพิ่มประชากรย่อมชะงักลง อิทธิพลแนวคิดของ Malthus ยังปรากฏอยู่ในงานเขียนของ Ehrlich (1968) "The Population Bomb" ซึ่งกล่าวว่า ***"สงคราม...ได้สิ้นสุดลงแล้ว ทศวรรษที่ 1970 จะมีผู้คนนับล้านๆ คนอดอยากตาย"*** ทั้งนี้ Malthus พิจารณาว่าอาหารและเครื่องยังชีพที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นในอัตราบวก (Arithmetic progression) ในขณะที่ประชากรเพิ่มขึ้นในอัตราทวีคูณ (Geometric progression) อย่างไรก็ตาม Ester Boserup ใช้ข้อโต้แย้งในการพลิกผันโลกทัศน์ตามแนวคิดแบบทฤษฎีของ Malthus (Multhusian worldview) โดยพิจารณาว่า ***มนุษยชาติมักคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีความยากลำบากเป็นตัวกระตุ้น*** ตัวอย่างเช่น ในสมัยโบราณ เมื่อการเพิ่มประชากรส่งผลให้การล่าสัตว์สำหรับเป็นอาหารไปวันๆ ไม่พอเพียงต่อความต้องการบริโภคของประชากรที่เพิ่มมากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มอาหารประเภทพืชผัก โดยเริ่มจากการเผาถางป่าเพื่อทำการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น และเมื่อกรรมวิธีการเผาถางป่าไม่พอเพียงต่อการดำรงชีวิตจึงมีการพัฒนาการปลูกพืชหลายครั้งต่อปี วิธีคิดดังกล่าวเริ่มชัดเจนขึ้นเมื่อเกิดการปฏิวัติเขียว (green revolution) ซึ่งทำให้การผลิตอาหารในโลกเพิ่มขึ้นเกือบ 4 เท่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 โดยใช้พื้นแผ่นดินเพิ่มอีกเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น พัฒนาการดังกล่าวนับว่าเป็นปฏิกิริยาโต้ตอบโดยตรงต่อความกดดันทางประชากร ทั้งนี้ Norman Borlaug ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มการปฏิวัติเขียวได้ให้ข้อวิจารณ์ว่า *"หากปราศจากการเพาะปลูกที่เพิ่มผลผลิตต่อไร่อย่างสูงแล้ว ประชากรจำนวนล้านๆ คนจะต้องอดตาย มิฉะนั้นการเพิ่มผลผลิตทางอาหารโดยไม่มีกรรมวิธีเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น ก็ต้องใช้วิธีเผาถางป่าเพิ่มขึ้นซึ่งย่อมหมายถึงการใช้ที่ดินว่างเปล่าเพื่อใช้ในการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะมากกว่าการใช้ที่ดินในการขยายตัวของเขตเมืองและเขตชานเมืองหลายร้อยเท่า"*



แหล่งข้อมูล: Population Division, United Nations 1999.

รูปที่ 6.1 การเพิ่มประชากรโลกในระยะยาว ปี ค.ศ. 1750–2050

การพัฒนาแบบยั่งยืน

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันนั้นอัตราการเพิ่มของประชากรของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง ในขณะที่เทคโนโลยีมีแนวโน้มที่พัฒนาเพิ่มมากขึ้น ลัทธิบริโภคนิยมได้กลายมาเป็นความกังวลเพิ่มมากขึ้น ลัทธิดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะทำให้การพัฒนาด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างไม่ยั่งยืนสำหรับคนรุ่นต่อไป พฤติกรรมการบริโภคในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นจนเกินความพอดี เนื่องจากภาคการตลาดกระตุ้นให้พฤติกรรมบริโภค มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนจาก***การบริโภคตามความจำเป็น*** (Needs-based) สู่***การบริโภคตามความต้องการ*** (Wants-based) และมีความเป็นไปได้สูงที่จะเป็น***การบริโภคตามความคาดหวัง*** (Expectations-based) ***ของผู้ผลิต*** ทำให้ต้องมีการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยการผลิตหลายลักษณะอาจส่งผลกระทบในลักษณะการทำลายสิ่งแวดล้อม แนวคิดดังกล่าวนับว่ามีความเกี่ยวโยงกับแนวคิดว่าด้วย***การพัฒนาแบบยั่งยืน*** (Sustainable development) ซึ่ง UNFPA (pp. iii อ้างใน เกื้อ วงศ์บุญสิน) ได้รวบรวมคำอธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาแบบยั่งยืนไว้ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประการดังนี้

1. **การพัฒนาแบบยั่งยืน หมายถึง การพัฒนาที่ตรงกับความต้องการและความจำเป็นในปัจจุบัน** โดยสามารถรองรับความต้องการ และ/หรือความจำเป็นที่จะเกิดแก่ชนรุ่นหลัง ๆ ด้วย ทั้งนี้มาตรฐานการครองชีพที่เลยขีดความจำเป็นขั้นพื้นฐานต่ำสุดจะยั่งยืนก็ต่อเมื่อมาตรฐานการบริโภคในทุกหนทุกแห่งคำนึงถึงความยั่งยืนในระยะยาว

2. **การพัฒนาแบบยั่งยืนครอบคลุมมาตรการรักษามรดกทางทรัพยากรที่จะตกทอดสู่ชนรุ่นหลัง** โดยอย่างน้อยให้ได้มากพอ ๆ กับที่ชนรุ่นปัจจุบันได้รับมา

3. **การพัฒนาแบบยั่งยืนเป็นการพัฒนาที่กระจายประโยชน์ในด้านความเจริญทางเศรษฐกิจอย่างทั่วถึง** โดยเป็นการพัฒนาที่ปกป้องสิ่งแวดล้อมทั้งในระดับท้องถิ่นและในระดับโลกโดยรวมเพื่อชนรุ่นหลัง และเป็นการพัฒนาที่ทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้นอย่างแท้จริง

4. **การพัฒนาแบบยั่งยืนเป็นการทำให้คุณภาพของชีวิตมนุษย์ดีขึ้นภายในระบบนิเวศวิทยาที่สามารถจะรองรับการดำเนินชีวิตได้ต่อไป** ในลักษณะดังกล่าว **"เศรษฐกิจแบบยั่งยืน"** (Sustainable economy) คงต้องเป็นเศรษฐกิจที่ธำรงรักษาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติของตนไว้ได้ โดยเศรษฐกิจแบบนี้จะยังคงสามารถพัฒนาควบคู่ไปกับการรักษาแหล่งทรัพยากรได้ต่อไปด้วยการปรับตัว และโดยอาศัยการยกระดับความรู้ ปรับปรุงองค์กรตลอดจนปรับประสิทธิภาพทางเทคนิคและเชาวน์ปัญญา

ในอนาคตอันใกล้นอกจากต้องพิจารณาการใช้ทรัพยากรเพื่อคนรุ่นปัจจุบันและต้องรักษามรดกทางทรัพยากรเพื่อให้พอที่จะตกกับชนรุ่นหลัง การที่คนวัยเด็กและวัยหนุ่มสาวในปัจจุบันใช้ทรัพยากรให้เหลือพอสำหรับการที่ตนจะย้ายไปสู่รุ่นสูงอายุก็มีความสำคัญเช่นเดียวกันเนื่องจากประชากรมีแนวโน้มอายุยืนขึ้น

จากข้อคิดดังกล่าวทำให้พิจารณาได้ว่าถึงแม้เทคโนโลยีจะพัฒนาให้สามารถเพิ่มผลผลิตเพื่อรองรับการเพิ่มประชากรได้เพียงพอก็ตาม พฤติกรรมการบริโภคที่มีแนวโน้มถูกอิทธิพลของนักการตลาดที่ชำชองกระหน่ำโฆษณาอาจทำให้เทคโนโลยีการผลิตไม่สามารถพัฒนาได้ทันพฤติกรรมบริโภคที่เปลี่ยนเพิ่มสูงขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ประชากรโลกอาจเข้าใจและก้าวทันการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงเร็วมาก แต่ยังไม่สามารถปรับตัวทันการเปลี่ยนแปลงทางสังคม หรือผลที่กระทบต่อสังคมซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงเร็วกว่า

สิ่งที่เป็นอยู่ (What is ?) กับสิ่งที่ควรจะเป็น (What should be ?)

การที่ประชากรของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง เป็นผลจากการที่หลาย ๆ ประเทศในโลกมีอัตราเกิดเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดต่ำลงมาก จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวควบคู่กับพัฒนาการทางการแพทย์ในลักษณะที่สามารถลดอัตราการตาย ทำให้สัดส่วนประชากรวัยสูงอายุเพิ่มสูงขึ้น จากแนวโน้มดังกล่าว นักวิจัยด้านชีวภาพประชากรศาสตร์ (Biodemography) เริ่มพิจารณาว่าอายุคาดหมายเฉลี่ย (life expectancy) ของประชากรอาจเพิ่มขึ้นถึง 150 ปี กล่าวคือ หากสามารถทำให้อัตราตายในแต่ละหมวดอายุลดลงเพียงร้อยละ 85 เท่านั้น ก็จะทำให้อายุคาดหมายเฉลี่ยเพิ่มสูงถึง 100 ปีหรือมากกว่า ทั้งนี้อายุคาดหมายเฉลี่ยอาจสูงได้ถึง 150 ปี (หรืออาจสูงกว่า) ถ้าปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ลดลง ได้แก่ การรับประทานอาหารที่ได้แคลอรี่เพียงพอและมีสารอาหารเพียงพอ การคิดค้นยาหรือวิตามินที่สามารถลดปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆที่ก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับเลือด เช่น ความดันโลหิตสูง โคเลสเตอรอลสูง โรคหัวใจ รวมทั้งถ้ามีการศึกษาทางชีววิทยาในระดับโมเลกุล หรือกระบวนการทางพันธุวิศวกรรม (Genetic engineering) เพื่อชะลอกระบวนการชราภาพ เป็นต้น

การตั้งโจทย์ว่าอายุคาดหมายเฉลี่ยของประชากรอาจไปได้ถึง 150 ปี หรือไม่นั้นทำให้เกิดประเด็นการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีข้อสงสัยว่ามีความต่างระหว่าง***สิ่งที่เป็นอยู่*** (What is?) กับ***สิ่งที่ควรจะเป็น*** (What should be?) และหากคิดว่าความแตกต่างดังกล่าวมีคำตอบได้มากกว่าหนึ่ง ทั้งนี้โจทย์ที่ว่าอายุคาดหมายเฉลี่ยอาจไปถึง 150 ปี คาจคล้ายกับโจทย์ของนักวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ที่ว่า ***ถ้าไม่มีแรงเสียดทาน...รถจะวิ่งไปแค่ไหน?***

ถ้าไม่มีแรงดึงดูด...ปล่อยสิ่งของให้ตกลงมาที่สูงจะตกลงมาหรือไม่? อย่างไร?

หรือ คำถามเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) ของนักคิดอย่าง กอร์ดอน มัวร์ ซึ่งเคยกล่าวว่า ***"จำนวนของทรานซิสเตอร์ซึ่งบรรจุอยู่บนแผงวงจรรวมหรือไมโครชิพ จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าทุก ๆ 18 เดือน"*** ดังนั้นหากต้องการให้การเพิ่มจำนวนทรานซิสเตอร์เป็นไปตามกฎของมัวร์ การผลิตชิพจะต้องเข้าสู่ยุคของนาโนเทคโนโลยี (กล่าวคือ เส้นทางไฟฟ้าและชิ้นส่วนของวงจรไฟฟ้าที่ระดับ 100 นาโนเมตร หรือต่ำลง) และต้องปฏิวัติวงการอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการเปลี่ยนแปลงวิธีการแบบเดิมคือ สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์บน Solid State Semiconductor ไปสู่การสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโมเลกุลโดยอุปกรณ์แต่ละตัวจะนำไฟฟ้าในระดับอิเล็กตรอนเดียว

พัฒนาการที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านชีวเคมี (Biochemistry) หรือด้านเคมีนาโนคอมพิวเตอร์ (Chemical nanocomputers) มีความสัมพันธ์กับชีวภาพประชากรศาสตร์ (Biodemography) กล่าวคือ การตั้งโจทย์อายุคาดหมายเฉลี่ยของประชากรถึง 150 ปี เป็นการประยุกต์องค์ความรู้จากการศึกษาทางชีววิทยาในระดับโมเลกุล หรือกระบวนการทางพันธุกรรมเพื่อชะลอกระบวนการชรา โดยอาจเป็นการศึกษาที่คัดเลือกยีนที่จะทำให้อายุยืนขึ้นหรือป้องกันโรคหนึ่งโรคใด กระบวนการดังกล่าวอาจไม่สอดคล้องกับสภาวการณ์ตามธรรมชาติที่เป็นกระบวนการไม่เลือกเฉพาะเจาะจง เนื่องจากธรรมชาติเป็นกระบวนการสุ่มโดยไม่มีความลำเอียง ทั้งนี้อาจมีความเป็นได้ที่ประชากรมีอายุยืนยาวขึ้นแต่ไม่สามารถเผชิญกับโรคใหม่ ๆ ที่ยังไม่เคยพบมาก่อน อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่เห็นด้วยกับการคัดเลือกยีนดังกล่าวอาจโต้แย้งว่า การดำเนินการข้างต้นเป็นการปรับแต่งเปลี่ยนแปลงยีนเพียงเล็กน้อย และไม่น่าจะก่อให้เกิดการลำเอียงต่อกระบวนการสุ่มมากมายนัก

การเตรียมแผน...เพื่ออนาคต

ผลกระทบทางสังคมจากนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีน่าจะมีมากพอสมควรหากไม่ได้มีการเตรียมแผนรองรับ ยกตัวอย่างเช่น หากประชากรมีอายุคาดหมายเฉลี่ยสูงขึ้น นักสังคมศาสตร์ที่เคยศึกษาประชากรเพียงแค่สามชั่วอายุคน อาจต้องศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ของประชากรสี่ชั่วอายุคน และหากประชากรมีอายุคาดหมายเฉลี่ยสูงถึง 150 ปี อาจต้องมีการศึกษาความสัมพันธ์ของประชากรถึงห้าหรือหกชั่วอายุคน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบสังคมวัฒนธรรมและแบบแผนการทำงานของประชากรสูงวัย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะมีการพิจารณาเตรียมการในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การดูแลประชากรสูงอายุ การประกันชราภาพ การประกันสุขภาพผู้สูงอายุ การเตรียมการดังกล่าวย่อมแตกต่างจากสังคมสามชั่วอายุคน หากการเตรียมการไม่ดีพอสังคมอาจมีความยากจนลักษณะใหม่ เพิ่มเติมจากความยากจนที่พบอยู่แล้วในกลุ่มประชากรที่มีรายได้ต่ำ ซึ่งบางกรณีมีรายได้ต่ำกว่าเส้นความยากจน ความยากจนลักษณะใหม่ดังกล่าว อาจเป็นในแง่ของการที่ผู้สูงอายุในสังคมที่มีอายุคาดหมายเฉลี่ยสูงขึ้นมีความยากจนเครือญาติหรือเป็นกลุ่มที่ประชากรวัยแรงงานรังเกียจ เนื่องจากประชากรวัยแรงงานในอนาคตจะมีสัดส่วนเล็กลง ซึ่งเป็นผลจากการที่ครอบครัวในปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้มีบุตรน้อยลง ทำให้ประชากรในวัยแรงงานอาจต้องเสียภาษีเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังต้องเพิ่มผลิตภาพให้สูงขึ้นเพียงพอที่จะดูแลประชากรวัยพึ่งพิงอย่างผู้สูงอายุซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ

ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมนั้น อาจเห็นได้จากการที่สัดส่วนของประชากรวัยสูงอายุในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 10.56 จากสัดส่วนที่มีอยู่ร้อยละ 9.43 ในปี พ.ศ. 2543 เป็นร้อยละ 19.99 ในปี พ.ศ.

2568 (มีข้อน่าสังเกตว่าประเทศในยุโรปเช่นอิตาลีใช้เวลาประมาณ 40 ปี ในการที่สัดส่วนของประชากรวัยสูงอายุเพิ่มจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 20 ในขณะที่ประเทศไทยใช้เวลาเพียง 20 ปีเท่านั้น) ทั้งนี้เปรียบเทียบกับข้อมูลจากการคาดประมาณซึ่งแสดงว่าสัดส่วนของประชากรวัยแรงงานเปลี่ยนแปลงไม่มากนักตลอดช่วงปี พ.ศ. 2543–2568 กล่าวคือ สัดส่วนของประชากรวัยแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มเป็นร้อยละ 67.08 ในปี พ.ศ. 2552 แล้วลดลงเหลือร้อยละ 62.05 ในปี พ.ศ. 2568 (ลดลงประมาณร้อยละ 3.87) ในขณะที่สัดส่วนประชากรวัยเด็กลดลงประมาณร้อยละ 6.70

การที่สัดส่วนของประชากรวัยแรงงานมีแนวโน้มเพิ่มเป็นร้อยละ 67.08 ในปี พ.ศ. 2552 แล้วลดลงเหลือร้อยละ 62.05 ในปี พ.ศ. 2568 ดังกล่าวนั้น น่าจะหมายความว่าการปันผลทางประชากรอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรจะมีต่อไปอีก 5 ปี (หากพิจารณาเฉพาะสัดส่วนประชากรวัยแรงงานโดยมิได้พิจารณาผลิตภาพ (productivity) ของแรงงาน ในกรณีที่แรงงานมีการศึกษาสูงขึ้นหรือมีคุณภาพดีขึ้น) เป็นที่น่าสังเกตว่าในสถานการณ์ที่สัดส่วนของประชากรวัยสูงอายุเพิ่มสูงขึ้นโดยที่สัดส่วนของประชากรวัยแรงงานมีแนวโน้มลดลงนั้น หากผลิตผลของแรงงานไม่ได้เพิ่มขึ้นเพียงพอ อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านงบประมาณในอนาคตอันใกล้นี้

ดังนั้นการเตรียมตัวทั้งในระดับนโยบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และในระดับปัจเจกชนนับว่ามีความจำเป็นควบคู่กันไป กล่าวคือ ในระดับปัจเจกชนนั้น ประชากรในกลุ่มอายุที่ใกล้วัยสูงอายุควรมีการวางแผนอนาคตในลักษณะของการเตรียมตัวเพื่อชีวิตบั้นปลายที่ดี หากมีความปรารถนาที่จะมีมาตรฐานการครองชีพและคุณภาพชีวิตที่ดีตลอดช่วงอายุเกษียณซึ่งยาวนานนับสิบปี การเตรียมตัวในระดับปัจเจกชนดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับ

การเกื้อหนุนในด้านมาตรการทางนโยบายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาเรื่องบำนาญซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ โดยมีประเด็นต้องพิจารณาควบคู่ไปหลายประการ เช่น ในส่วนที่เกี่ยวกับขนาดของครอบครัว กล่าวคือ บำนาญเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับครอบครัวขนาดเล็กหรือครอบครัวเดี่ยวซึ่งมักไม่สามารถดูแลผู้สูงอายุได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากบิดามารดามีภารกิจที่ต้องประกอบอาชีพและถึงแม้ว่าจะสามารถหารายได้เพิ่มขึ้นก็อาจทำได้เพียงแค่ดูแลผู้สูงอายุได้เฉพาะในด้านการเงินเท่านั้น โดยที่ไม่สามารถดูแลผู้สูงอายุได้ด้วยตนเอง นับเป็นสถานการณ์ที่แตกต่างจากครอบครัวขนาดใหญ่ซึ่งมักสามารถดูแลผู้สูงอายุได้ นอกจากนั้นการตั้งงบประมาณสำหรับบำนาญจำเป็นต้องพิจารณาให้รอบคอบ มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาได้ เนื่องจากงบประมาณบำนาญจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ประเทศกำลังพัฒนาเช่น ประเทศไทยควรมีการวางแผนเพื่อก้าวข้ามปัญหาที่จะเกิดขึ้น โดยศึกษาปัญหาที่ประเทศพัฒนาแล้วได้ประสบมาก่อนหน้าแล้ว เช่น กรณีของประเทศญี่ปุ่น เป็นต้นซึ่งการใช้งบประมาณเพื่อบำนาญอาจทำให้ญี่ปุ่นขาดดุลงบประมาณมากกว่าร้อยละ 20 ของ GDP ในปี พ.ศ. 2573 งบประมาณเพื่อบำนาญดังกล่าวอาจมาจากร้อยละ 35 ของเงินเดือนคนทำงานหรืออาจต้องลดงบประมาณที่ตั้งไว้เพื่อบำนาญ

ในประเทศกำลังพัฒนาที่กำลังจะเปลี่ยนเป็นสังคมผู้สูงอายุนั้น ถึงแม้ว่าอายุคาดหมายเฉลี่ยยังไม่ถึง 100 หรือ ถึง 150 ปี ปัญหาสังคมในอนาคตอันใกล้ก็มีค่อนข้างมากอยู่แล้ว ดังนั้นหากประชากรมีอายุคาดหมายเฉลี่ยสูงขึ้นถึง 100 หรือถึง 150 ปี ปัญหาสังคมคงตามมาอีกมากมาย ถ้าการเตรียมแผนเพื่ออนาคตเป็นไปอย่างไม่รอบคอบและไม่ครอบคลุมปัญหาสังคมต่าง ๆ เพียงพอ

การพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสังคมไทย

จากที่กล่าวมาข้างต้นสะท้อนว่า ประเทศไทยน่าจะได้รับประโยชน์น้อยจากการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากจะมีปัญหาสังคมที่ตามมามากมาย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการที่ยังไม่ได้เตรียมการในเรื่องการบริโภคที่เกินความต้องการ การเตรียมการในเรื่องสุขภาพอนามัยที่น่าจะเน้นการป้องกันมากกว่าการรักษาโรคหากสังคมไทยกำลังเคลื่อนย้ายไปสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุ การได้รับประโยชน์น้อยจากการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของโลกที่เปลี่ยนไปเร็วมากส่วนหนึ่งเป็นเพราะประเทศไทยยังคงไม่อาจยกระดับทักษะแรงงานของไทยให้เป็นฐานในการยกระดับความสามารถในการแข่งขันระดับโลกได้อย่างเต็มที่ ข้ออธิบายที่สำคัญส่วนหนึ่งคือ การที่แรงงานไทยส่วนใหญ่มีพื้นฐานการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า เป็นแรงงานระดับล่างที่กระจุกตัวในสายการผลิต และไม่อาจรองรับพลวัตการแข่งขันทางเศรษฐกิจที่เน้นแรงงานมีทักษะได้ดังนั้นประเทศไทยจึงน่าจะอยู่ในภาวะการขาดแคลนแรงงานในเชิงคุณภาพในทุกห่วงโซ่คุณค่าอุตสาหกรรม ได้แก่ ทรัพยากรมนุษย์ที่มีความยืดหยุ่น มีความรู้ความชำนาญและทักษะเฉพาะทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสามารถพัฒนาทักษะใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นได้ตลอดช่วงอายุการทำงานของแรงงาน ทั้งนี้ปัญหาส่วนหนึ่งเป็นผลจากการจัดการทางการศึกษาที่ไม่อาจตอบรับต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและพัฒนาการอันเป็นพลวัตทางเทคโนโลยี เกิดแนวโน้มของการลดลงของอัตราการเรียนต่อชั้นมัธยมปลายสายอาชีว-ศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการผลิตต่อแรงงานในสายนี้ อีกทั้งยังมีการทวีตัวของปัญหาการว่างงานและการ

ทำงานต่ำระดับด้านการศึกษาในสายสามัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มแรงงานที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายขึ้นไป ประเทศไทยยังไม่อาจก้าวพ้นจากขั้นตอนของการนำเข้าความรู้และเทคโนโลยีสู่ขั้นตอนของการสร้างความรู้ การก้าวพ้นจากการเป็นเพียงแหล่งประกอบชิ้นส่วนสำหรับสินค้าส่งออกสู่การมีโรงงานผลิตที่อาศัยการวิจัยและพัฒนา

ปัญหาด้านทักษะแรงงานไทยในการแข่งขันระดับโลก ดูจะเป็นวิกฤตที่หนักหน่วงมากขึ้นเมื่อพิจารณาประกอบกับแนวโน้มการยกระดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศอื่นๆ ในโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเอเชียซึ่งเน้นการขยายฐานทรัพยากรมนุษย์ที่มีความรู้ความชำนาญและทักษะระดับสูง รองรับการผลิตที่เน้นการวิจัยและพัฒนามากขึ้นอย่างจริงจัง กล่าวคือ กลยุทธ์เดิมในการแข่งขันทางเศรษฐกิจแบบเน้นแรงงานเข้มข้น ได้สะท้อนถึงโอกาสแห่งการเสี่ยงอย่างสูงมากขึ้นต่อการสูญเสียความสามารถในการแข่งขันต่อไปอย่างยั่งยืน ในขณะที่อุปทานด้านแรงงานระดับล่างและกลางยังคงมีอยู่มาก

ข้ออธิบายที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ***การพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ของไทยส่วนใหญ่ยังเป็นการศึกษาเทคนิควิธีการนำความรู้ที่ประเทศอื่นพัฒนาแล้วนำมาใช้ มากกว่าการมองหรือหาความจริงด้วยวิธีหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*** ถึงแม้ว่าในระยะหลังนี้จะมีการเน้นที่จะเชื่อมความรู้วิทยาศาสตร์กับภาคการผลิต เช่น ปัจจุบันภาครัฐของประเทศไทยพยายามเชื่อมกับสิบสองคลัสเตอร์ของภาคการผลิต ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มการผลิต (Cluster) ด้านอาหาร ยานยนต์ ซอฟท์แวร์ เป็นต้น ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาเพิ่มทางสังคม ในการพัฒนากลุ่มการผลิตต่างๆ คือ เน้นการเชื่อมความรู้วิทยาศาสตร์กับภาคการผลิต ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะและสมรรถภาพของแรงงานไทยที่ส่วนใหญ่ยังจบแค่ระดับประถม

ศึกษาให้คู่ขนานไปด้วย มิฉะนั้นอาจเป็นการเพิ่มคนจนยุคใหม่ที่ทำงานต่ำระดับเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการเรียนสูงขึ้นโดยไม่สามารถตามการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของโลกที่พัฒนาไปเร็วมากไม่ทัน

ทั้งนี้ภาครัฐได้เสนอแนะแนวคิดในการพัฒนากลุ่มการผลิตต่าง ๆ ในลักษณะของ***การสร้างทรัพยากรมนุษย์*** โดยเน้นการสร้างนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ โดยอาศัยมาตรการในการให้ทุนเด็กอัจฉริยะ การจะดำเนินแนวทางดังกล่าวให้ประสบความสำเร็จได้นั้น จำเป็นต้องมีมาตรการเพิ่มเติมที่สอดรับกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการที่แนวทางดังกล่าวนั้นต้องดำเนินคู่ไปกับการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีในสถานศึกษา ***เพื่อให้เด็กไทยส่วนใหญ่มีโอกาสเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้วิทยาศาสตร์มองหาความจริง มากกว่าการซื้อหาสิ่งประดิษฐ์ หรือความรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ ที่ประเทศพัฒนาแล้วคิดค้นประดิษฐ์ขึ้นมาเป็นเครื่องมือเท่านั้น*** ทั้งนี้เพราะการได้มาซึ่งคนเก่งจากการสุ่มตัวอย่าง (Random) จากเด็กส่วนใหญ่ของประเทศ น่าจะเป็นวิธีคิดเชิงวิทยาศาสตร์มากกว่าการคัดเลือกเด็กอัจฉริยะสองสามร้อยคน ซึ่งวิธีหลังนั้นน่าที่จะทำให้วิทยาการของไทยพัฒนาไปได้ไม่ไกลนัก เนื่องจากเป็นการพัฒนากลุ่มคนฐานความรู้เพียงเล็กน้อย มากกว่าเป็นการพัฒนาสังคมฐานความรู้

สรุป

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสังคมไทยมีบทบาทหลักหลายประการ ซึ่งพิจารณาได้ทั้งในเชิงคุณประโยชน์และผลกระทบต่าง ๆ ทั้งนี้ **"วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นนวัตกรรมประเภทหนึ่งของมนุษย์ในฐานะปฏิกิริยาโต้ตอบโดยตรงต่อความกดดันทางประชากรและทรัพยากรอันจำกัด"** ดังเห็นได้ชัดในช่วงการปฏิวัติเขียว ในระยะหลังวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งระบบการแข่งขันทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนประชากร การเพิ่มผลผลิตและการทำลายสิ่ง-แวดล้อมในประเทศไทย ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่พบได้ในทำนองเดียวกันกับประเทศอื่น ๆ ทั่วโลก จึงควรพิจารณาอนาคตในส่วนที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการทางเคมีชีวภาพ เคมีนาโนคอมพิวเตอร์และชีวประชากรศาสตร์ ประเทศไทยยังใช้ประโยชน์น้อยจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมื่อเทียบกับอีกหลายประเทศ

เอกสารอ้างอิง

1. David Yaukey. 2001. Demography: The study of Human population. Second edition. Illinois: waveland Press, Inc.
2. Ester Boserup. 1981. Population and Technological Change: A Study of Long-Term Trends. Chicago: University of Chicago Press.
3. Norman Borlaug. 1997. "Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead." Plant Tissue Culture and Biotechnology 3: 119-127.
4. United Nations Population Fund. 1992. The State of world Population 1992. New York: UNFPA.
5. เกื้อ วงศ์บุญสิน. 2545. ประชากรกับการพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
6. Antonio Golini. 2002. "Teaching demography of aging" Genus LVII (n.3-4): 144-145.
7. R. Lee, A. Mason and T. Miller, 2000. "Life Cycle Saving and Demographic Transition: The Case of Taiwan," Population and Development Review, Vol.26, (Suppl.), pp. 194-222. อ้างใน Bloom, David E., David Canning and Jaypee Sevilla, 2003. The Demographic Dividend: A New Perspective on the Economic Consequence of Population Change. Santa Monica: Rand.
8. D.E. Bloom, A.K. Nandakumar and M. Bhawalkar. 2002, " The Demography of Aging in Japan and the United states," in G.B. Hedges., ed., Aging and Health: Environment, Work and Behavior, Harvard University Printing and Publication, pp. 29-43. อ้างอิงใน Bloom, David E., David Canning and Jaypee Sevilla, 20003. Ibid.

๗

ประโยชน์และความเสี่ยงจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ต่อสังคมไทย: มุมมองของราษฎรอาวุโส

ประเวศ วะสี
มหาวิทยาลัยมหิดล
และบัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์คือ ความรู้ เทคโนโลยีคือ การประยุกต์ใช้ความรู้

วิทยาศาสตร์จึงน่าจะมีคุณแต่ฝ่ายเดียวคือ ทำให้มนุษย์ฉลาดขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ไม่แน่เสมอไป เพราะวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความรู้ยังไม่ใช่ปัญญา

คุณูปการที่ควรจะยิ่งใหญ่ที่สุดของวิทยาศาสตร์คือ การนำไปสู่ปัญญา

ความรู้อาจจะรู้เป็นเรื่อง ๆ หรือรู้บางเรื่องแต่ปัญญาหมายถึงความรู้ทั้งหมด รู้ทั้งหมด หมายรวมถึงรู้ตัวเองด้วย การรู้ตัวเองทำให้จัดความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ความสัมพันธ์ที่ถูกต้องคือ จริยธรรม ในปัญญาจึงมีจริยธรรมอยู่ด้วยเสมอ แต่ในความรู้ไม่แน่ว่ามีจริยธรรมหรือไม่ วิทยาศาสตร์จึงควรไปให้ถึงปัญญา

ส่วนการประยุกต์ใช้ความรู้หรือเทคโนโลยีนั้นอาจมีทั้งคุณและโทษ สุดแต่ว่าใช้ทำอะไร เพื่อใคร และอย่างไร หรือแม้ใช้ในทางที่เป็นคุณ เช่น ใช้รักษาโรค ก็อาจมีผลข้างเคียง (side effect) ที่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วยได้ ฉะนั้นการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ ต้องมีความรู้เท่าทันอย่างเจนจบ ใช้ให้เป็นคุณมากที่สุด และเป็นโทษน้อยที่สุด

ในโลกที่เชื่อมโยงเป็นโลกาภิวัตน์และเน้นการแข่งขัน เราไม่มีทางเลือกเลยว่า***ต้องพัฒนาสมรรถนะในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ของประเทศให้เข้มแข็งโดยรวดเร็ว*** ถ้าเราปฏิเสธวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ที่เกิดในประเทศอื่นรวมทั้งผลของมัน ก็จะกระทบกระเทือนเรา และจะกระทบกระเทือนมาก ถ้าเราไม่รู้เท่าทันและตกเป็นฝ่ายตั้งรับและถูกกระทำ

ประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ที่มีการพูดถึงในคราวนี้มี 3 อย่างคือ

1. จีโนมิกส์
2. นาโนเทคโนโลยี
3. ไอที

ประโยชน์ที่พึงพิจารณาอาจมองใน 5 ด้าน คือ

1. สุขภาพ
2. การศึกษา
3. สิ่งแวดล้อม
4. เศรษฐกิจ
5. สังคม

ประโยชน์ทางเรื่องสุขภาพเป็นเรื่องชัดเจนที่สุด อาจกล่าวว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่จะนำมาซึ่งการปฏิวัติความเข้าใจเกี่ยวกับระบบชีววิทยา ความเข้าใจเกี่ยวกับโรค และนำมาซึ่งเครื่องมือใหม่ในการวินิจฉัย การรักษา และการป้องกันโรค การตรวจยีนจะทำให้เกิดการแพทย์แบบพยากรณ์ล่วงหน้า (predictive medicine) ว่า ใครเกิดมาจะเป็นโรคอะไร แต่สามารถป้องกันได้โดยขจัดปัจจัยเสี่ยง ฉะนั้นสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามหลังจีโนมิกส์ก็คือ predictive-preventive medicine เกี่ยวกับโรคติดเชื้อต่างๆ การทราบจีโนมของคนและจีโนมของเชื้อ จะทำให้เข้าใจว่าทำไมคนที่ได้รับเชื้อจึงมีการแสดงออกไม่เหมือนกัน เช่น บางคนเป็นโรค บางคนไม่เป็นโรค บางคนเป็นหนัก บางคนเป็นเบา การทราบกลไกในระดับอณูที่ทำให้ปัจเจกบุคคลตอบโต้ต่อเชื้อต่างกัน จะนำไปสู่การสังเคราะห์สารที่ป้องกันหรือ

รักษาโรคได้อย่างชะงัด ทำให้มีเครื่องมือที่จะเผชิญกับโรคติดเชื้อทั้งเก่าและใหม่ รวมทั้งโรคจากไวรัสที่จะผุดบังเกิดขึ้นมาใหม่ ทำนองเดียวกับการระบาดของโรคซาร์สและโรคไข้หวัดนกซึ่งจะเกิดขึ้นได้เป็นอันมากในอนาคต

ยุทธศาสตร์การต่อสู้กับโรคติดเชื้อโดยการฆ่าด้วยยาปฏิชีวนะ จะนำไปสู่การพ่ายแพ้ของมนุษย์ เพราะเชื้อโรคจะกลายพันธุ์ (mutate) ได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ทำให้เชื้อดื้อยาหรือเกิดเป็นตัวใหม่ที่รุนแรงมาก แต่การผลิตยาปฏิชีวนะใหม่ใช้เวลาและแพงขึ้นเรื่อย ๆ และผลิตไม่ทันการดื้อยา ในเมื่อเป็นสงครามระหว่างฝ่ายหนึ่งที่เร็วและไม่เสียค่าใช้จ่ายกับอีกฝ่ายหนึ่งที่ช้าและเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก ก็เป็นการแน่นอนว่าฝ่ายหลังจะต้องแพ้ ฉะนั้นการต่อสู้กับโรคติดเชื้อด้วยการฆ่าด้วยยาปฏิชีวนะจึงไม่น่าจะเป็นยุทธศาสตร์หลัก ยุทธศาสตร์หลักจึงน่าจะอยู่ที่สร้างความแข็งแรงหรือภูมิคุ้มกันที่จะทำให้ไม่เป็นโรคหรือเป็นก็ไม่รุนแรง หรือยุทธศาสตร์การอยู่ร่วมกัน (co-existing) จีโนมิกส์ที่ทำให้เข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจเจกบุคคลกับเชื้อดังกล่าวข้างต้น จะทำให้ปรับยุทธศาสตร์ในการเผชิญกับเชื้อโรคได้ ความเข้าใจเกี่ยวกับโรคมะเร็งจะนำไปสู่การป้องกันและรักษาที่มีประสิทธิภาพกว่าเดิม ความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีจะนำไปสู่การสร้างพาหะที่นำไปสู่การซ่อมแซมในระดับเซลล์และระดับอณู

ประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ต่อสุขภาพจะมีมากมายกว่านี้เป็นเอนกประการ ที่กล่าวข้างต้นพอเป็นตัวอย่าง

ประโยชน์ทางเรื่องการศึกษา ไอทีจะทำให้เป็นไปได้ที่คนทั้งหมดจะรู้ความจริงโดยทั่วถึง ถ้าเปรียบเทียบสังคมกับร่างกาย ทั้งคู่มีความหลากหลาย ร่างกายอาจจะมีความหลากหลายยิ่งกว่าสังคม แต่ท่ามกลางความหลากหลายสุดประมาณ ระบบร่างกายอาจจะมีเอกภาพสมบูรณ์ ในขณะที่สังคมไม่มี ระบบร่างกายลงทุนเรื่องระบบข้อมูลข่าวสารและการสื่อสาร

อย่างมโหฬาร จึงมีบูรณาการและดุลยภาพ นั่นคือ มีดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นรหัสหรือข้อมูลข่าวสารอยู่ในทุกเซลล์ ฉะนั้นร่างกายจึงเต็มไปด้วยข้อสนเทศ (information) การสื่อสารโดยระบบประสาทและระบบสารเคมี ทำให้ทุกส่วนของร่างกายรู้ถึงกัน เพื่อการปรับตัวให้อยู่ในดุลยภาพ

ดุลยภาพ คือ ความเป็นปรกติหรือสุขภาพ สังคมขาดดุลยภาพ หรือปรกติ-ภาพ หรือสุขภาพ เพราะระบบข้อสนเทศและการสื่อสารเป็นไปอย่างน้อยนิดและไม่เป็นไปเพื่อการรู้ความจริงอย่างทั่วถึง ขณะที่ไอทีทำให้มีช่องทางของการ **"สื่อ"** ได้อย่างทั่วถึง แต่มีปัญหาเรื่อง **"สาร"** หรือ **ความรู้เพื่อการใช้งาน** ประเทศไทยเป็น**โรคพร่องความรู้อย่างรุนแรง** (severe knowledge deficiency disease) ฉะนั้นการมีไอทีอย่างเดียวไม่เพียงพอ แต่ต้องการการสังเคราะห์ความรู้เพื่อการใช้งานเกือบทุกด้าน

สิ่งแวดล้อม ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพมาก รหัสพันธุ-กรรมในความหลากหลายทางชีวภาพเป็นทุนทางพันธุกรรม (genetic capital) ถ้าศึกษาจีโนมของความหลากหลายทางชีวภาพอย่างสัมพันธ์กับคุณสมบัติและประโยชน์จะได้ความรู้ที่มีค่ายิ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องอาหาร เรื่องยา เรื่องวัสดุและอุตสาหกรรมสมัยใหม่ได้มาก

เศรษฐกิจ เศรษฐกิจในอนาคตส่วนที่**เป็นเศรษฐกิจจากฐานความรู้** (knowledge-based economy) จะให้มูลค่าเพิ่ม จีโนมิกส์ นาโนเทคโนโลยี ไอที เป็นความรู้ จึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจอนาคต

สังคม โดยมากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะถูกนำไปใช้โดยคนมีอำนาจและเพื่ออำนาจ เช่น การสงคราม อุตสาหกรรม ในด้านเศรษฐกิจมักจะมีผลในทางทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่ไม่เท่าเทียมกัน คือ ความร่ำรวยกระจุกและช่องว่างระหว่างคนจนและคนรวยห่างมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่ปัญหาทางสังคมต่างๆ ตามมา รวมทั้งสงคราม เพราะเช่นนี้จึงมีคนบางพวกเห็น

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นซาตานและเป็นสิ่งพึงรังเกียจ ซึ่งน่าจะเป็นการสุดโต่งไปทางหนึ่ง

*เราควรตั้งคำถามว่า**วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังสามารถทำอะไรให้สำเร็จได้ถ้าเป้าหมายชัด เช่น ส่งมนุษย์ไปลงดวงจันทร์ ส่งยานไปสำรวจดาวอังคาร แต่ทำไมจึงไม่สามารถสร้างสังคมที่ร่มเย็นเป็นสุขได้***

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถสร้างสังคมที่ร่มเย็นเป็นสุขได้ เพราะการคิดแบบแยกส่วน และเพราะไม่เคยตั้งคำถามว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะสร้างสังคมที่ร่มเย็นเป็นสุขได้อย่างไร?

ที่ว่าคิดแบบแยกส่วนนั้นก็คือ สังคมศาสตร์กับวิทยาศาสตร์แยกจากกัน และทั้งสองแยกจากความเป็นจริงของชีวิต

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือ แต่ถ้าขาดการออกแบบ (design) ว่า สังคมที่ร่มเย็นเป็นสุขนั้นรากฐานอยู่ที่อะไร? เครื่องมือก็ไม่สามารถแกะสลักให้มันเกิดรูปตามที่ต้องการได้ ***ถ้าตีประเด็นให้แตกว่ารากฐานของสังคมที่ร่มเย็นเป็นสุขคืออะไร? วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็ทำให้บรรลุได้***

การจะใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ โดยไม่เข้าใจรากฐานของสังคมที่ร่มเย็นเป็นสุข จะทำให้ช่องว่างระหว่างคนจนกับคนรวยห่างมากขึ้น และเกิดวิกฤตการณ์ทางสังคมตามมา เนื่องจากเรื่องนี้เป็นเรื่องใหญ่จึงแยกออกไปเป็นหัวข้อต่างหากถัดไป

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กับการสร้างสังคมที่ร่มเย็นเป็นสุข

ต่อไปนี้จะเรียกว่าทฤษฎีหรือข้อค้นพบก็ได้ เพราะมีฐานอยู่ในหลักฐานข้อเท็จจริง นั่นคือความจริง 2 ประการดังนี้

1. ถ้าฐานล่างของสังคมแข็งแรง สังคมทั้งหมดจะมั่นคง และยั่งยืน
2. การมีสัมมาชีพเต็มพื้นที่ คือ รากฐานของสังคมที่ร่มเย็นเป็นสุข

จะเห็นว่าการพัฒนาไม่ได้ออกแบบตามความจริง 2 ข้อข้างบนนี้ แต่เพียงมุ่งสร้างความร่ำรวยให้ส่วนบน โดยหวังว่ามันจะกระเด็นลงไปข้างล่าง (trickle down) ซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาที่ไม่สามารถสร้างความร่มเย็นเป็นสุขได้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถ้าจะรับใช้อะไรบ้าง? ก็คือ รับใช้การพัฒนาที่มุ่งสร้างความร่ำรวยให้ส่วนบน โดยไม่ได้สนใจฐานล่างของสังคมเลย จึงไม่สามารถสร้างความร่มเย็นเป็นสุขได้

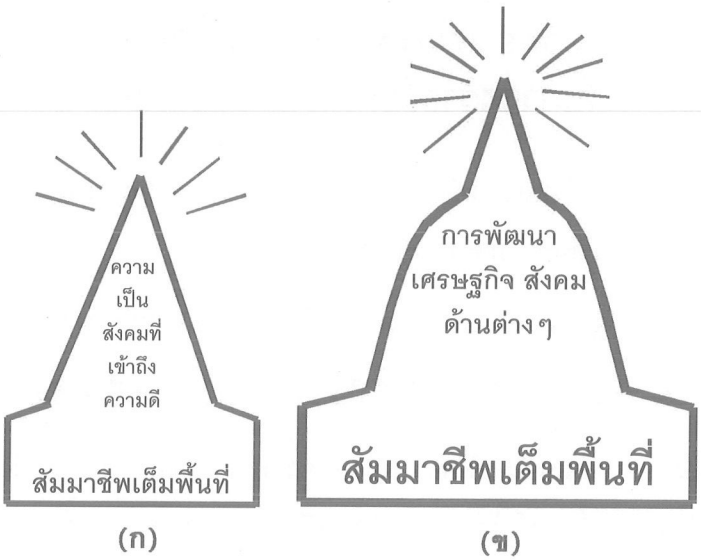
ฐานล่างของสังคม คือ ชุมชนท้องถิ่น

สัมมาชีพ คือ อาชีพที่ไม่เบียดเบียนผู้อื่น ไม่เบียดเบียนสิ่งแวดล้อม และมีรายจ่ายน้อยกว่ารายได้

จะเห็นได้ว่าคำว่าสัมมาชีพได้บูรณาการระหว่างเศรษฐกิจ จิตใจ สังคม และสิ่งแวดล้อมเข้ามาด้วยกัน ฉะนั้นเมื่อมีสัมมาชีพเต็มพื้นที่จึงเกิดความร่มเย็นเป็นสุข การมีสัมมาชีพสามารถนิยามได้สามารถระบุนโยบายที่จะสนับสนุนในเรื่องการใช้ที่ดิน เงินทุน เทคโนโลยี ข้อมูลข่าวสารและอื่น ๆ ได้ และสามารถวัดได้

ควรสร้างดรรชนีวัดการมีสัมมาชีพ และใช้เป็นเครื่องมือวัดการพัฒนา

ดรรชนีนี้จะดีกว่าจีดีพี (GDP) เพราะจีดีพีไม่ได้บอกการกระจายรายได้ และไม่ได้บอกที่มาของรายได้ว่าได้มาอย่างถูกต้องหรือไม่?



รูปที่ 7.1 เมื่อมีสัมมาชีพเต็มพื้นที่อันเป็นฐานของความร่มเย็นเป็นสุข(ก) แล้วจะพัฒนาเศรษฐกิจสังคมอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอีกเท่าใดก็ได้ (ข)

เมื่อมีสัมมาชีพเต็มพื้นที่ เปรียบประดุจมีฐานของพระเจดีย์ที่จะให้เกิดเป็นสังคมที่เข้าถึงความดี (รูปที่ 7.1 ก) แล้ว สามารถพัฒนาเศรษฐกิจสังคมอื่น ๆ อีกเท่าไรก็ไม่เป็นไร (รูปที่ 7.1 ข) ถ้าทำตรงอื่น ๆ แต่ไม่ทำส่วนที่เป็นฐานของพระเจดีย์ย่อมไม่มีทางที่จะสร้างความร่มเย็นเป็นสุขได้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพลังของเหตุผล การที่จะเข้าใจรูปแบบของสัมมาพัฒนาต้องการพลังของเหตุผลมาก ฉะนั้นหากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาทำความเข้าใจรูปแบบของการพัฒนาที่ถูกต้อง ก็จะเป็นพลังการขับเคลื่อนไปสู่ความร่มเย็นเป็นสุขอย่างแรง ในการสร้างสัมมาชีพเต็มพื้นที่นั้น ต้องการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอย่างยิ่ง

การพบกันระหว่างคนที่ทำงานในฐานล่างของสังคมกับนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คือกุญแจที่จะไขไปสู่บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสร้างสรรค์สังคมที่ร่มเย็นเป็นสุข

ความเสี่ยงจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ต่อสังคมและแนวทางในการแก้ไข

ผลลบที่อาจเกิดขึ้นจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่มี 4 ประการ และแนวทางในการแก้ไขของแต่ละประการ มีดังนี้

1. **ผลข้างเคียงและความผิดพลาด** ในการใช้เทคโนโลยีใด ๆ กับมนุษย์จะเกิดผลข้างเคียง และความผิดพลาดที่เรียกว่า human error ได้เสมอ ซึ่งต้องระวังอย่างยิ่งยวด **โดยเฉพาะในวัฒนธรรมไทย**ที่ขาดความรู้จริง ขาดความประณีตและระวังในการใช้ เพราะเป็นสังคมที่มีวัฒนธรรมอำนาจอันขาดความเคารพศักดิ์ศรีและคุณค่าความเป็นคนของคนอื่นอย่างเท่าเทียมกัน โดยเฉพาะของคนเล็กคนน้อยคนยากคนจน

การเคารพศักดิ์ศรีและคุณค่าความเป็นคนคือศีลธรรมพื้นฐาน ***การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะทิ้งการพัฒนาศีลธรรมพื้นฐานไม่ได้*** เพราะจะเกิดผลเสียตามมาเรื่องศีลธรรมพื้นฐานไม่ได้เป็นเรื่องของฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดโดยเฉพาะ แต่เป็นเรื่องของทุกฝ่าย รวมทั้งฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วย

2. **การใช้ไม่ถูกต้อง (Abuse)** เพราะการหวังผลประโยชน์ เรื่องนี้จึงต้องการกฎหมาย กฎ ระเบียบและการควบคุม จึงต้องมีการพัฒนากฎหมาย กฎ ระเบียบ ผู้สร้างและควบคุมกฎระเบียบเหล่านี้ ตลอดจนความเข้าใจของสาธารณะที่จะเข้ามาควบคุมดูแลให้เกิดความถูกต้อง

3. **เกิดปัญหาทางจริยธรรมที่ซับซ้อน (Complex ethical issues)** ในข้อ 1 และข้อ 2 ข้างบน เป็นความผิดตรงไปตรงมา แต่เทคโนโลยีใหม่ ๆ ทำให้เกิดสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ซับซ้อนยากต่อการเข้าใจ เช่น เรื่องทำนองโคลนนิ่ง (cloning) สเต็มเซลล์ (stem cell) ความเป็นเจ้าของเนื้อเยื่อที่

นำไปดัดแปลงการเข้าถึงข้อมูลทางพันธุกรรม ความเป็นพ่อแม่ของลูกที่เกิดจากการผสมเทียมแล้วไปฝากในครรภ์ของผู้อื่น การตัดสินการตายเหล่านี้เป็นตัวอย่างปัญหาทางจริยธรรมที่ซับซ้อนที่เกิดขึ้นแล้ว เทคโนโลยีใหม่ที่จะใช้ต่อไปย่อมนำมาซึ่งปัญหาจริยธรรมใหม่ ๆ ที่ซับซ้อน เช่น นายจ้างหรือบริษัทประกันมีสิทธิที่จะรู้ข้อมูลยีนที่ทำให้เกิดโรคของลูกจ้างหรือผู้เอาประกันหรือไม่? ข้อมูลยีนของบุคคลเป็นของบุคคลหรือเป็นของผู้ตรวจ ผู้ตรวจมีสิทธิที่จะเอาข้อมูลนั้นไปใช้ได้มากน้อยแค่ไหน? ในเรื่องอะไร? เพื่ออะไร? หรือเพื่อใคร? เป็นต้น

ปัญหาทางจริยธรรมเหล่านี้เข้าใจยาก นักสังคมศาสตร์ นักจริยธรรม นักกฎหมาย พระที่ขาดความรู้ละเอียดในเทคโนโลยีเหล่านั้นย่อมไม่สามารถเข้าใจประเด็นปัญหาได้ ขณะนี้ไม่มีองค์กรหรือสถาบันใดที่จะทำงานทาง**ชีวจริยศาสตร์** (Bioethics) อย่างจริงจัง ทำแต่เป็นงานฝากกันอยู่ น่าจะจำเป็นที่จะต้องมีสถาบันเรื่องนี้อย่างจริงจัง

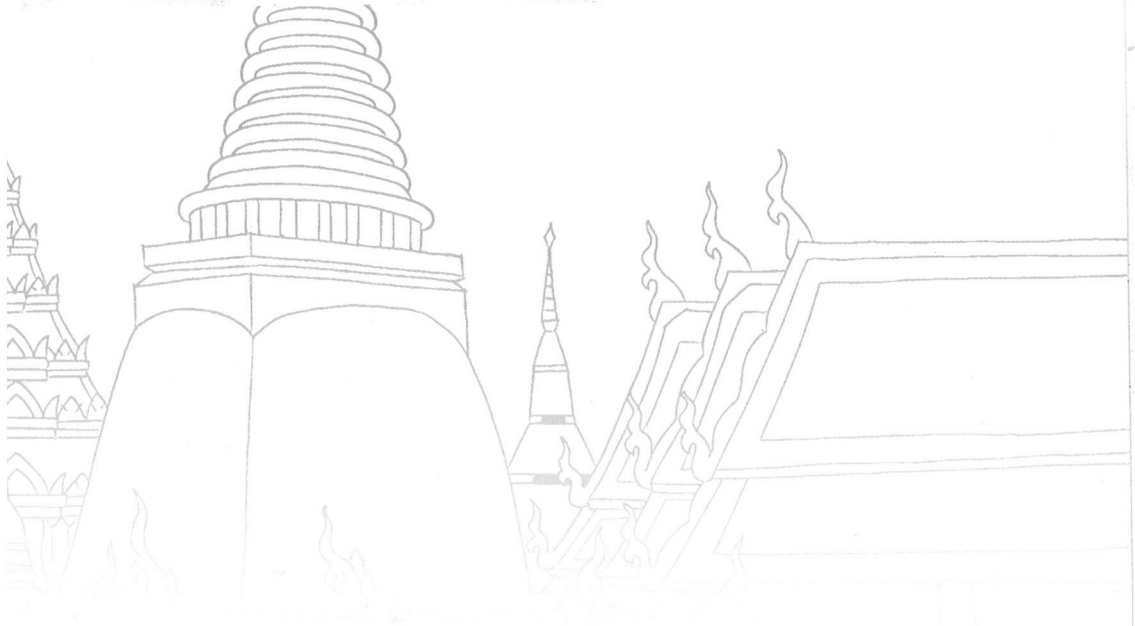
4. **ก่อให้เกิดการเสียสมดุลทางสังคมและสิ่งแวดล้อม** ปัญหาของโลกทุกวันนี้คือการเสียความสมดุล ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ท่ามกลางความเสียสมดุลนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถ้าเข้าไปเกี่ยวข้องโดยไม่ตั้งคำถามก็จะเป็นเหตุเพิ่มเติมในการก่อให้เกิดการเสียสมดุลกับเขาด้วย ***วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงต้องตั้งคำถามว่าการเสียดุลยภาพเกิดจากอะไร? วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเข้าไปช่วยลดการเสียสมดุลได้อย่างไร?***

เนื่องจากเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับฐานทรัพยากรธรรมชาติมีความเกี่ยวข้องหรือมีความสัมพันธ์ เป็นข้อตกลงและข้อกฎหมายระหว่างประเทศ การศึกษาวิจัยเฉพาะทางเทคนิคจะไม่เพียงพอ แต่ต้องการการศึกษาวิจัยทางนโยบาย และนโยบายระหว่างประเทศ ซึ่งอาจเรียกว่า In-

ternational biodiversity policies ซึ่งนอกจากเนื้อหาในเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพแล้ว ยังต้องเข้าใจเรื่องข้อตกลงที่อาจเรียกว่าอนุสัญญาและข้อกฎหมายระหว่างประเทศ ขณะนี้เราเกือบไม่มีความรู้ในด้าน International biodiversity policies เลย ซึ่งจะทำให้เสียเปรียบและเสียดุลยภาพกับต่างประเทศ และกระทบดุลยภาพภายในประเทศ เป็นต้น เรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับสังคมจึงมีเรื่องใหญ่เกี่ยวกับเรื่อง**นโยบาย**ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ เพื่อให้สามารถรักษาดุลยภาพทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

ที่กล่าวมา 4 ประการ พอให้เห็นว่าเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับสังคม มีประเด็นทางสังคม คุณค่าความเป็นมนุษย์ จริยธรรม กฎหมายและนโยบาย ที่สลับซับซ้อนและยากต่อการเข้าใจ แต่ถ้าประเทศไม่เข้าใจประเด็นทางสังคมเหล่านี้ก็จะเกิดความเสียหาย แม้มีการพูดถึงประเด็นทางสังคม จริยธรรม กฎหมายและนโยบายอยู่บ้าง ก็ยังไม่ปรากฏว่ามีองค์กรหรือสถาบันใดทำงานจริงจังในประเด็นนี้ น่าจะต้องมีการสร้าง **สถาบันวิจัยสังคมกับวิทยาศาสตร์** เพื่อรวบรวมผู้เชี่ยวชาญสาขาทางสังคมและวิทยาศาสตร์เข้ามาศึกษาวิจัยด้วยกันอย่างเข้มข้น และให้การศึกษาอบรมกับสาธารณะ ผู้ปฏิบัติ ผู้กำหนดนโยบาย ตลอดจนสื่อมวลชนอย่างเร่งรีบ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

หลักสูตรปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ที่แยกสาขาวิทยาศาสตร์สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์กันออกไป ก็เป็นเหตุสำคัญที่ทำให้คนไทยขาดปัญญาที่จะเข้าใจอะไรอย่างบูรณาการ ควรมีการปรับปรุงหลักสูตรปริญญาตรีทั้งหมดเพื่อเรียนบูรณาการศาสตร์ เพื่อเป็นฐานทางปัญญาที่จะเข้าใจความเชื่อมโยงของสรรพสิ่งตามความเป็นจริง อันจะเป็นฐานของการพัฒนาอย่างบูรณาการ เกิดดุลยภาพ ปรกติภาพ และความยั่งยืน



บทส่งท้าย

วิจารณ์ พานิช
สถาบันส่งเสริมการจัดการความรู้เพื่อสังคม
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

หนังสือ **"บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ในสังคมไทย: ยีน นาโนเทค ไอที และสังคมไทย"** เล่มนี้สะท้อนปรากฏการณ์ที่แปลกใหม่ในสังคมไทยอย่างน้อย 2 ประการ

ประการแรก สะท้อนภาพของความร่วมมือระหว่างสมาคมที่ทรงเกียรติภูมิ 2 ด้านของสังคมคือ *ด้านสังคมศาสตร์ ศิลปะและวัฒนธรรม* คือ สยามสมาคมในพระบรมราชูปถัมภ์ กับ*ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* คือ บัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.) ความร่วมมือใกล้ชิดในการมองภาพสังคมไทยผ่านแว่นของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเรื่องที่มีคุณูปการยิ่งต่อสังคม

ประการที่สอง เป็นความพยายามให้นักวิทยาศาสตร์นำเสนอภาพความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และตีความทำความเข้าใจความเชื่อมโยงสู่ชีวิตผู้คนในสังคมไทย

แม้ว่าการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้ามศาสตร์ ผ่านการตีความที่หลากหลายมุมมองของนักวิชาการด้านสังคมศาสตร์ มานุษยวิทยา ศิลปิน นักมนุษย-ศาสตร์ ฯลฯ ในหนังสือเล่มนี้จะยังไม่คึกคักกว้างขวางมากนัก แต่ก็นับว่าเป็นการเริ่มต้นที่น่าชื่นชม น่าจะได้มีกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้ามศาสตร์ในทำนองนี้ ระหว่าง บวท. กับ สยามสมาคมฯ หรือสมาคมวิชาการอื่น ๆ ด้านสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์อีกเป็นระยะ ๆ อย่างน้อยทุก 2–3 ปี และจัดทำหนังสือออกเผยแพร่ในลักษณะที่คล้ายคลึงกับหนังสือเล่มนี้ หรืออาจมีวิธีการจัดการแลกเปลี่ยนและนำเสนอในลักษณะที่เน้นสาระด้านสังคมศาสตร์มนุษยศาสตร์ในการวิพากษ์ความก้าวหน้า หรือปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็ได้

ในยุคสังคมแห่งความรู้หรือสังคมที่มีความรู้เป็นฐาน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้ามศาสตร์ การสร้างศาสตร์จากการเชื่อมโยงหลายศาสตร์เข้าด้วยกัน ยกระดับของศาสตร์ในลักษณะ "ก้าวข้าม" ศาสตร์เป็นด้าน ๆ มีความสำคัญยิ่ง