Sensor Technology Strategy for Thailand 4.0

Dr. Adisorn Tuantranont

Thai Organic and Printed Electronics Innovation Center, (TOPIC)
National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC)
National Science and Technology Development Agency (NSTDA)

www.topic.in.th

Thailand Organic & Printed Electronics Innovation Center(TOPIC)

TOPIC
Thai Organic & Printed Electronics Innovation Center

NSTDA

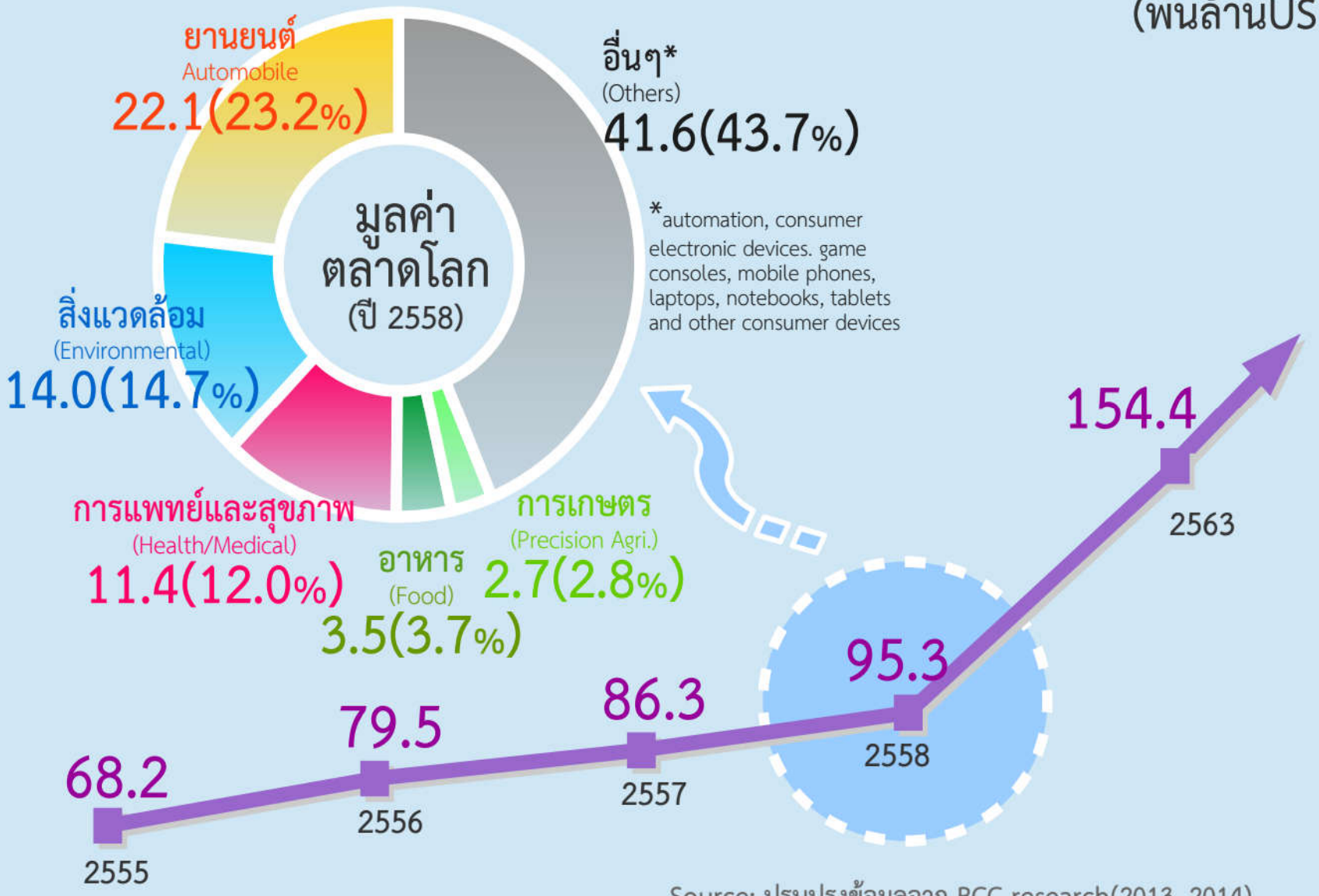
NECTEC
a member of NSTDA

แนวคิด ?

- อุตสาหกรรมตรวจวิเคราะห์ทดสอบมีความสำคัญกับประเทศ โดยมีมูลค่าการตลาดประมาณ 14,000 ล้านบาท (2554)
  - เปลี่ยนจากการพึ่งพาความชำนาญจากเจ้าหน้าที่เฉพาะทาง ไปสู่การประยุกต์ใช้เครื่องมือพกพาขนาดเล็ก
  - สามารถใช้งานในสถานที่ตรวจวัดจริง (Point of Care) นอกห้องปฏิบัติการ ประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถตรวจวัดได้ด้วยตนเอง
  - อาศัยเทคโนโลยีในลักษณะสหสาขาวิชา ได้แก่ Electronics, Nanotechnology, Biomedical Technology และเทคโนโลยีด้านวัสดุสมัยใหม่ (Advanced Materials)

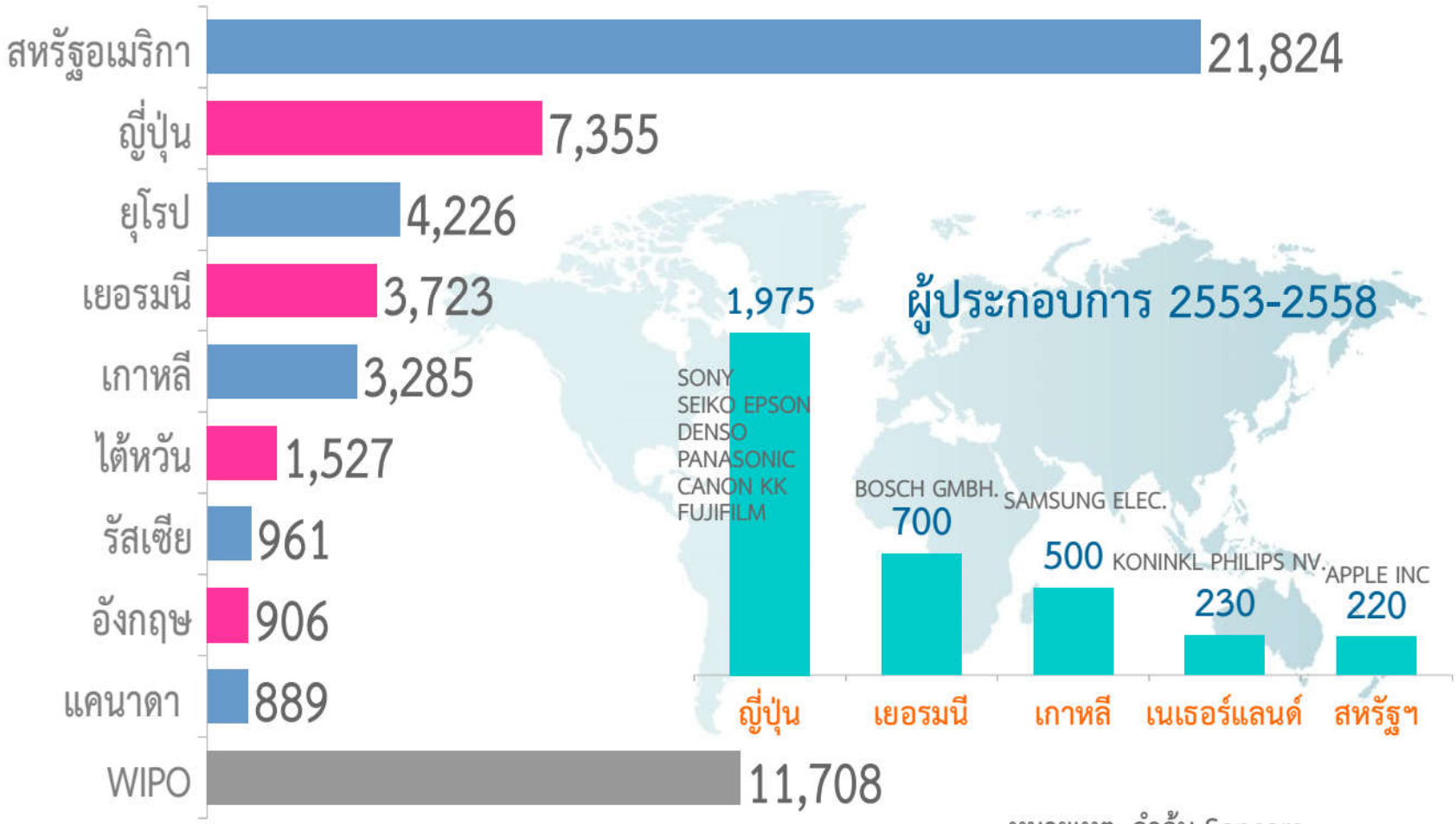
สถานภาพตลาดเซนเซอร์โลก

(พันล้านUS$)



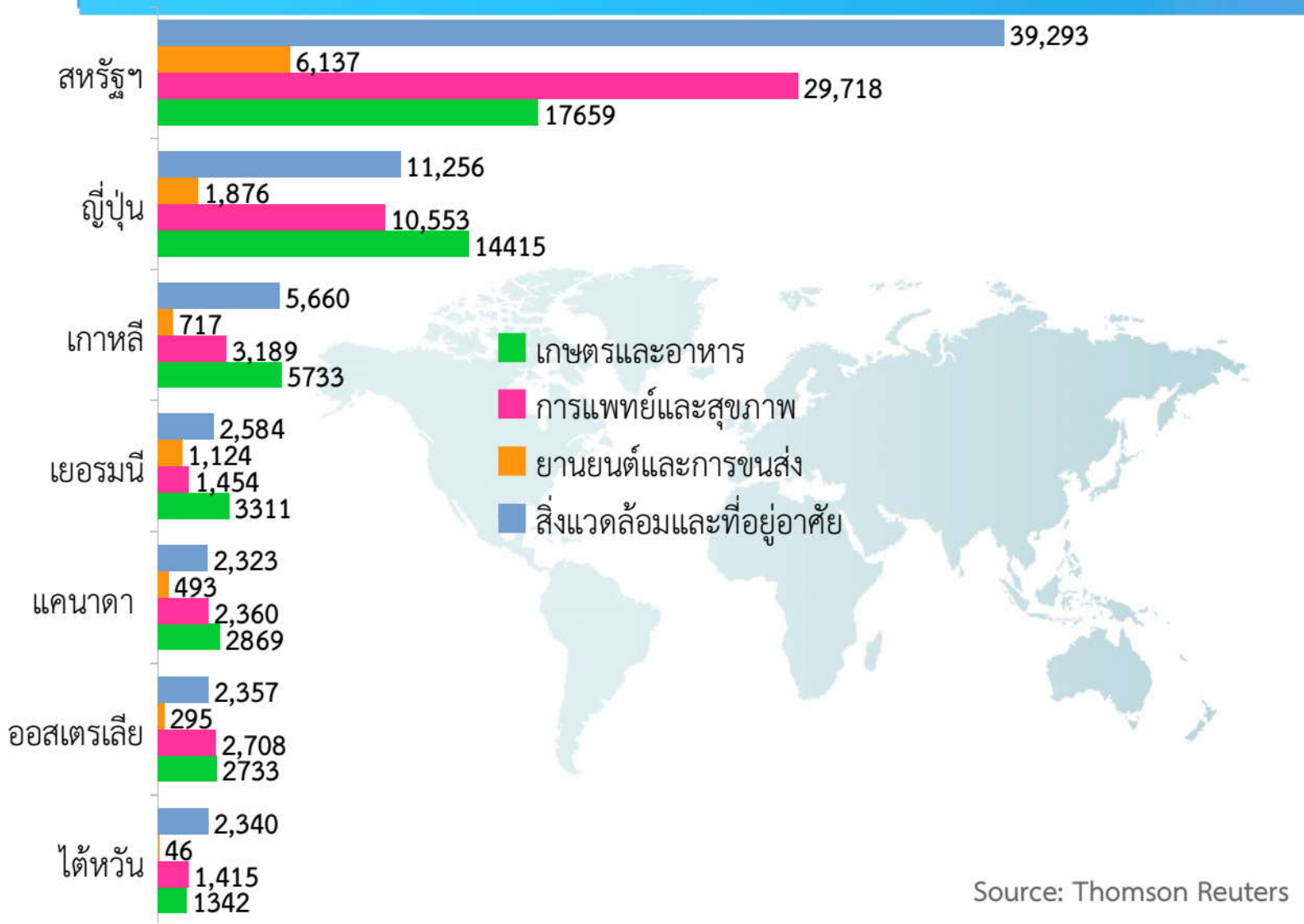
Source: ปรบปรุงข้อมูลจาก BCC research(2013, 2014), Frost & Sullivan (2013), Transparencymarketresearch (2010)

สิทธิบัตรด้านเซนเซอร์แยกตามประเทศหลัก



หมายเหตุ: คำค้น Sensors
Source: Thomson Reuters, กค. 58

สิทธิบัตรด้านเซนเซอร์แยกตามกลุ่ม Applications

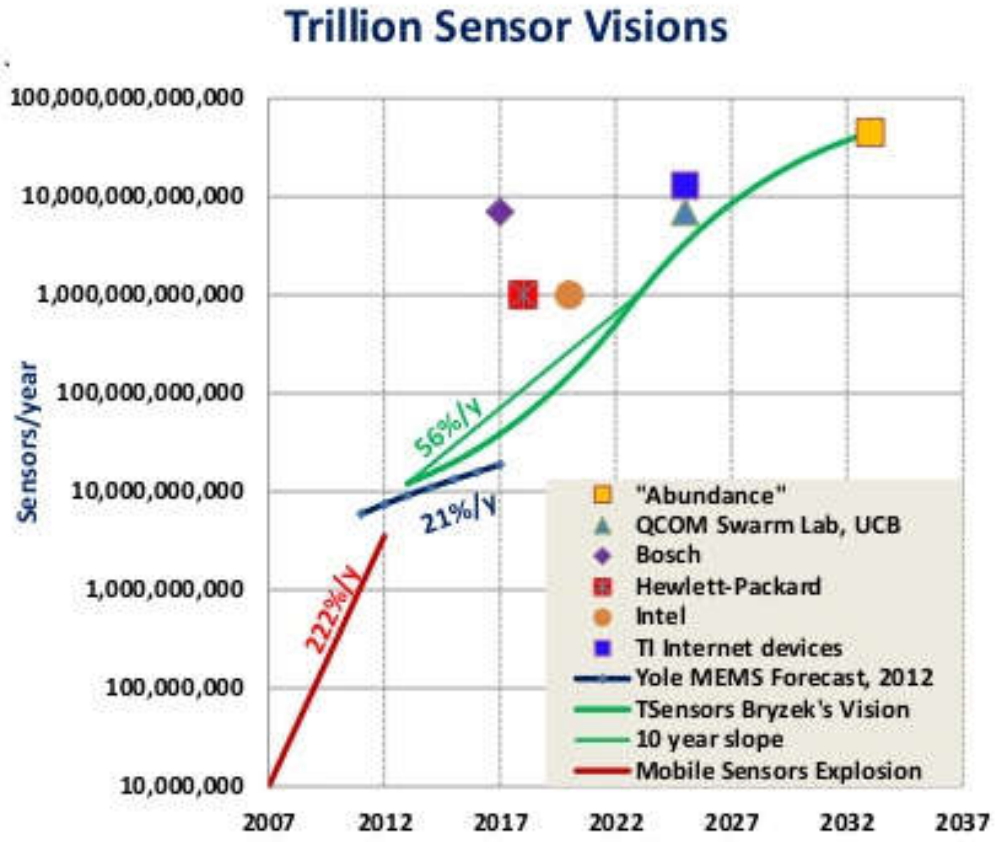


Source: Thomson Reuters

The Trillion Sensor Prediction

- The sensor development cycle has shrunk from 27 years down to 10 years, from conception to commercialization. And with professional 3-D printers, like IBM's capable of 10-nanometer resolution, that 10 years could shrink to months

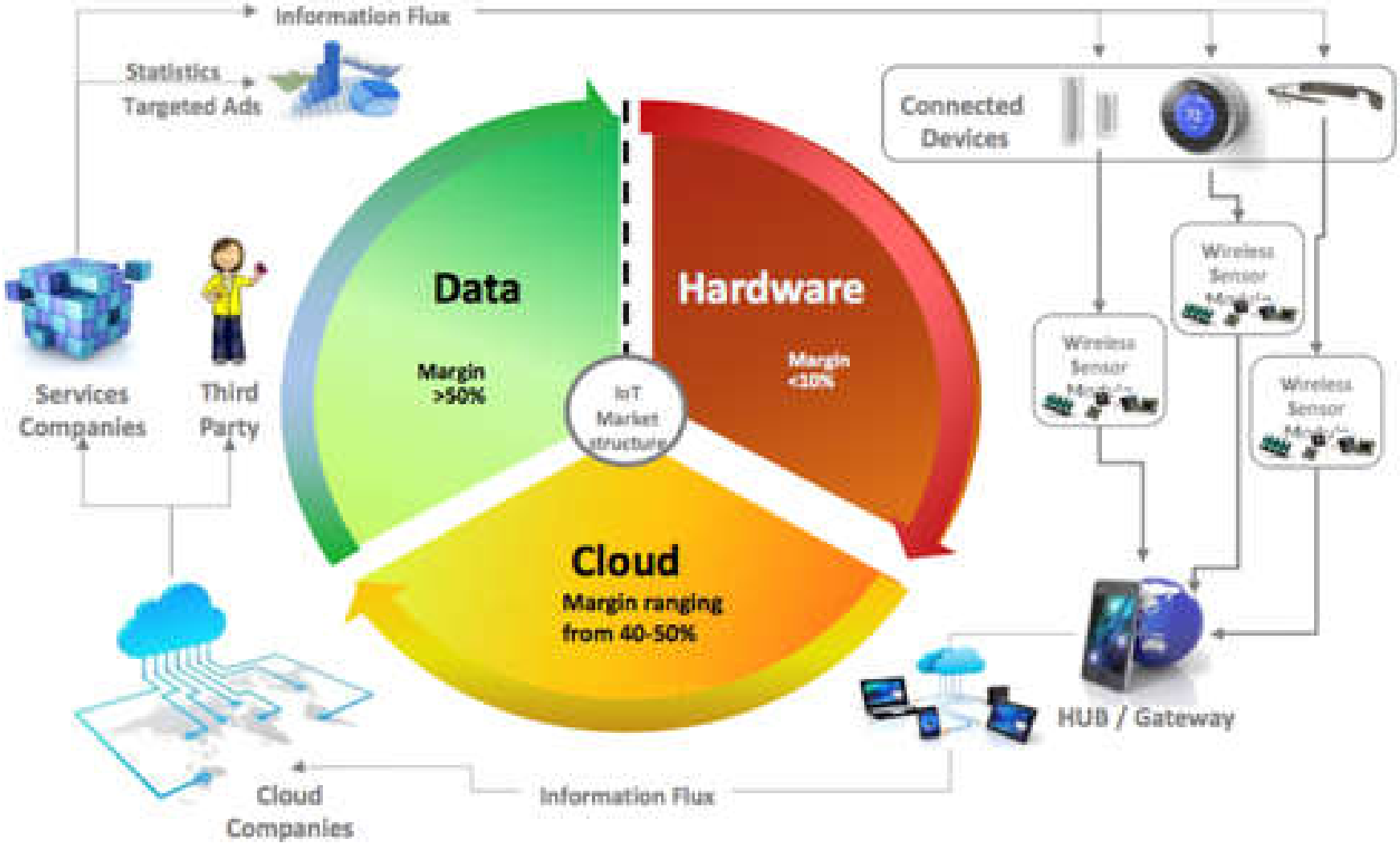
- Likewise cars have about 200 sensors, smart homes have about 100, smartphones have about 15. And with the Internet of Things (IoT) on the rise, we can expect up to 130 new sensors per person per year, also contributing tc the trillion sensor prediction.



- by 2025 60-to-90 percent of the profits in the global economy will come from data analytic drawing on those trillion sensors.

(Source: EETimes.com)

The European Union's Wize Mirror is under development by 11 EU research centers using embedded sensors in mirror plus five hyper-spectral cameras, gas sensors and 3D scanners to extract heart rate, hemoglobin, cholesterol, sugar level, weight gain/loss, O2, stress/anxiety and breath gases, resulting in a daily health score just by using your mirror to groom each morning. (Source: E.U.)



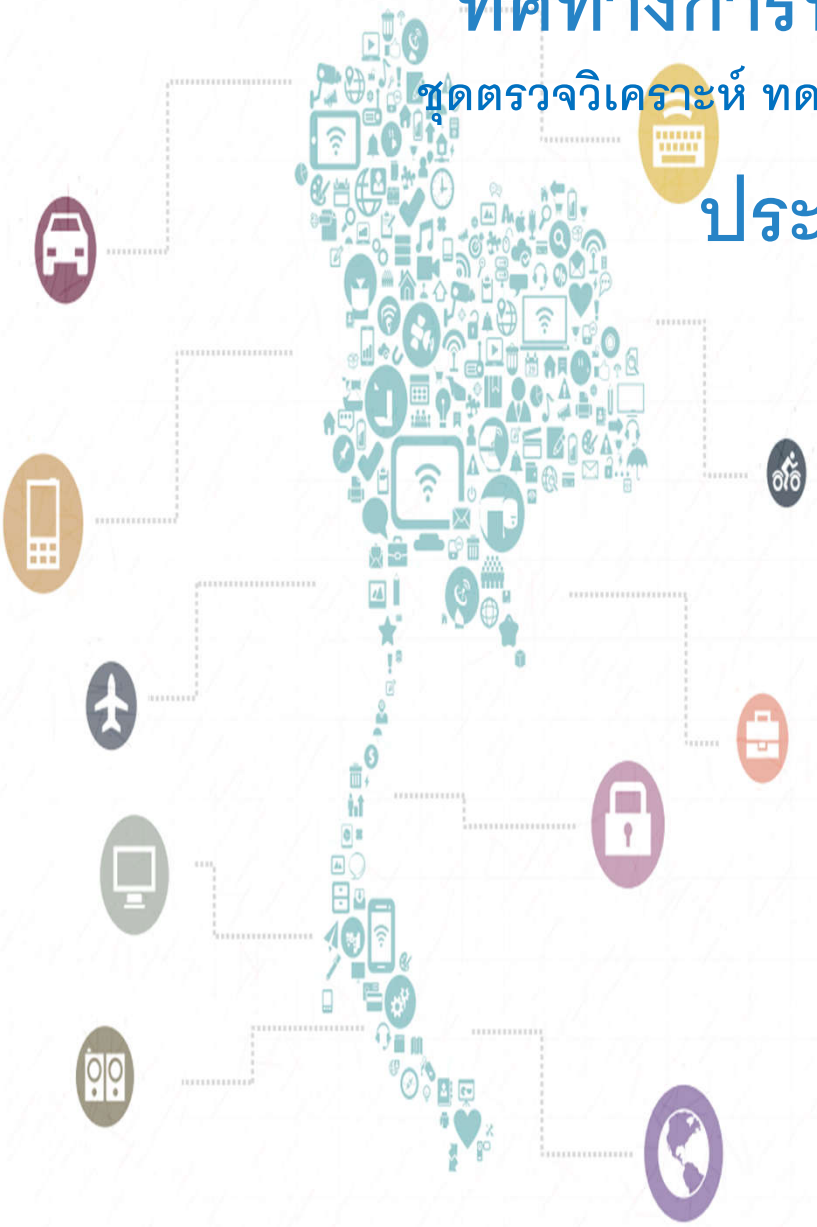
- Sensors are expected to generate a bronto-bytes (1000 trillion trillion) of data by 2025 from the trillion sensors online by then, thereby putting a strain on information technology (IT) infrastructure, requiring Internet to grow exponentially, requiring more programmers than available thus turning to AI algorithm development for Big Data

(Source: Janus Bryzek, used with permission)

ทิศทางการพัฒนาเทคโนโลย

ชุดตรวจวิเคราะห์ ทดสอบ และอุปกรณ์เซนเซอร์ของ

ประเทศไทย



มีแนวโน้มให้ความสนใจ ในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีมีลักษณะ Micro Electro Mechanical System (MEMS) และ Lab-on-a-chip Microelectronics เพิ่มมากขึ้น

ตรวจสารปนเปื้อนมลพิษและเชื้อ ก่อโรคได้หลาย ๆ ชนิด ในเวลาเดียวกัน เนื่องจากช่วย ลดขั้นตอน ลดระยะเวลา

แนวโน้ม เทคโนโลยี จึงมุ่งไปสู่ การใช้ประโยชน์จากเครื่องหมายพันธุกรรม (Biomarker) ร่วมกับการใช้ระบบ อิเล็กทรอนิกส์ และระบบอัตโนมัติ

ประเทศไทยยังประสบปัญหาและอุปสรรค

- การพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศล่าช้า ไม่สอดรับต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีของโลก
- การเปิดการค้าเสรี
- การรับรองมาตรฐานที่ทัดเทียมกับระดับสากลที่สามารถสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค

“แผนยุทธศาสตร์
การพัฒนาเทคโนโลยีเซนเซอร์ของประเทศไทย”

“สนับสนุนและสอดคล้องกับ “นโยบายและแผนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2555-2564)”

ยุทธศาสตร์ที่ 1

การพัฒนาความเข้มแข็งของสังคม ชุมชนและท้องถิ่น ด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มุ่งสู่การพึ่งพาตัวเองให้มากขึ้น ลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เช่น เทคโนโลยีทางด้านเซนเซอร์การแพทย์

ยุทธศาสตร์ที่ 2

การเพิ่มขีดความสามารถความยืดหยุ่น และนวัตกรรมในภาคเกษตร ผลิตและบริการด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อการยกระดับความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพและผลิตภาพของผลผลิต เช่น ผลผลิตทางการเกษตร

ยุทธศาสตร์ที่ 3

การเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศ ด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อเสริมสร้างระบบติดตามและเฝ้าระวังเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันท่วงที

สถานภาพและความต้องการ ด้านการวิจัยใน

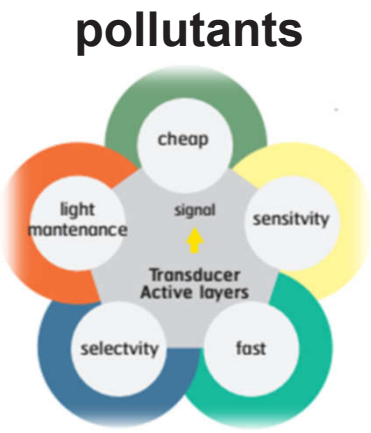
เทคโนโลยีเซนเซอร์

เซนเซอร์ คือ ชุดอุปกรณ์ ระบบ หรือ วงจร ที่ทำหน้าที่ตรวจวัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับรู้ของมนุษย์ โดยทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ หรือลักษณะของเป้าหมายวิเคราะห์ (Analytical target) และแสดงผลในลักษณะสัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณกลศาสตร์ (Mechanic) สัญญาณเชิงแสง (Optic)

เซนเซอร์ด้านกายภาพ (Physical sensor)

- *เซนเซอร์การจับภาพ การไหลและระดับ (mage, Flow, and Levelsensor) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น เป็นต้น*

เซนเซอร์ด้านเคมี (Chemical sensors)



เซนเซอร์ด้านชีวภาพ (Bio sensors)

- *เซนเซอร์ที่ใช้เทคนิคการนำสารชีวภาพ (Biological Recognition material) มาเป็นตัวทำปฏิกิริยาจำเพาะกับสารเป้าหมาย เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดน้ำตาลในเลือด เป็นต้น*

เทคโนโลยีเซนเซอร์
และแนวโน้มการประยุกต์ใช้งาน

1

ด้านการเกษตรและอาหาร

2

ด้านการแพทย์และสุขภาพ

3

ด้านอุตสาหกรรมยานยนต์และระบบโลจิสติกส์

4

ด้านสิ่งแวดล้อมและที่อยู่อาศัย

เทคโนโลยีและแนวโน้มการประยุกต์ใช้เซนเซอร์กับ
ด้านการเกษตรและอาหาร

เซนเซอร์ตรวจวัดสารพิษหรือ
เชื้อก่อโรคในอาหารเพื่อให้อาหารปลอดภัย
(Sensor for Food Safety)

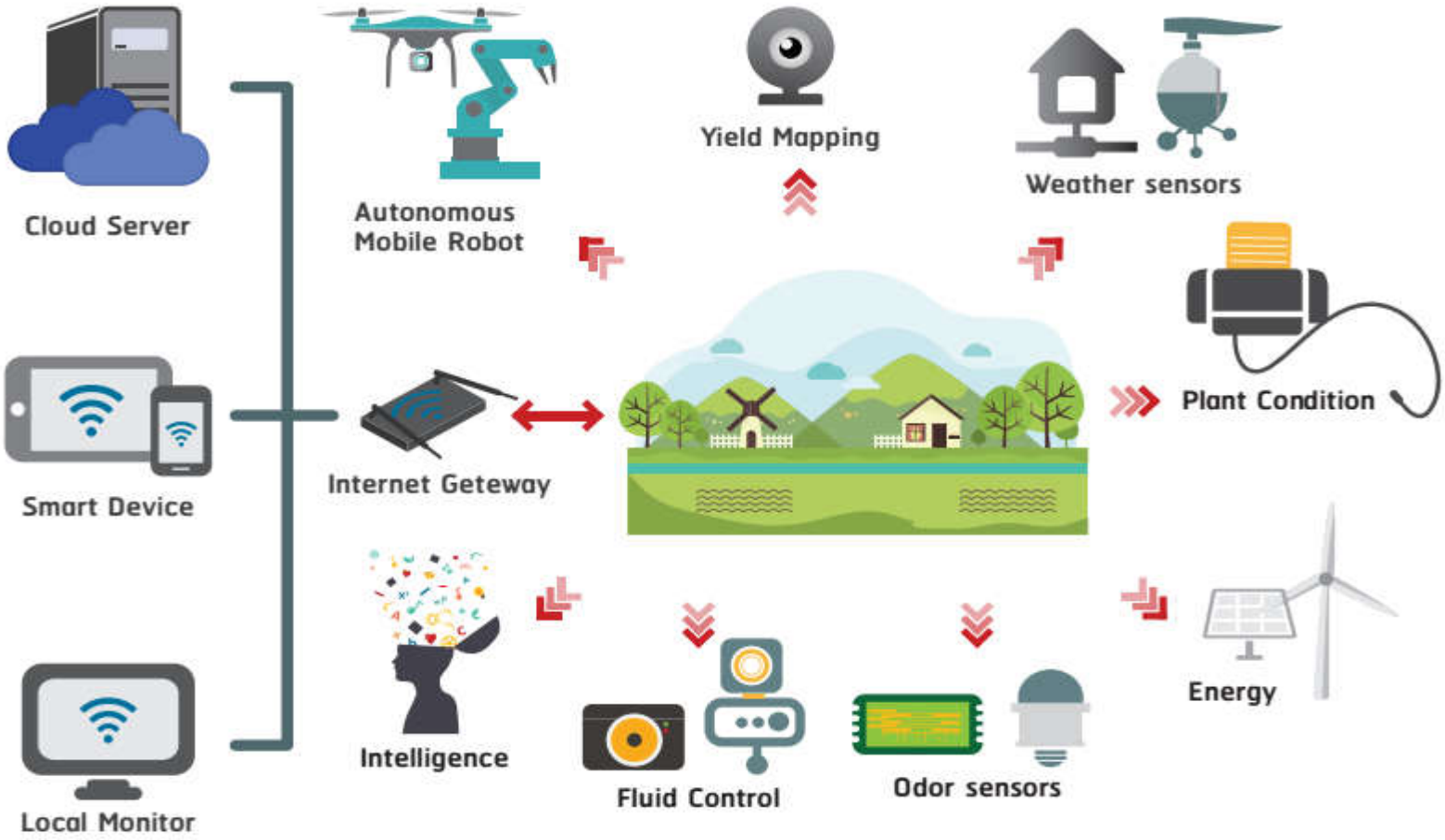
เซนเซอร์เพื่อตรวจสอบคุณภาพ
และรสชาติอาหารเพื่อรักษามาตรฐาน
(Sensors for Food Quality Control)

ปัจจัยที่อุตสาหกรรมอาหาร ให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก คือ ระดับความปลอดภัยและคุณภาพของอาหาร

- กำหนดค่ามาตรฐานความเป็นพิษจาก สารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารอย่างชัดเจน โดย เฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย ไวรัสและรา) ที่ปนเปื้อนในอาหารนำไปสู่ การก่อโรค เชื้อจุลินทรีย์หลัก ๆ ได้แก่ Staphylococcus Aureus, Bacillus Cereus และ Salmonella spp
- ประเมินคุณภาพของวัตถุดิบก่อนนำมาแปรรูปเป็น อาหารบรรจุในภาชนะ เพื่อให้อาหารที่จำหน่ายไปยัง ผู้บริโภคอยู่ในระดับมาตรฐานเดียวกัน เช่น ระดับความเผ็ด ระดับความหวาน ระดับความเค็ม วัดระดับ ความกรอบ ลักษณะของกลิ่น ปริมาณแอลกอฮอล์ เป็นต้น

สมาร์ทฟาร์ม (Smart farm) ด้วยเทคโนโลยีที่เรียกว่า Precision Agriculture หรือ เกษตรแม่นยำสูง ซึ่งสามารถทำโดยการติดตั้งเซนเซอร์ได้มากมายหลายรูปแบบ

ตัวอย่างระบบจัดการ Smart Farming



เทคโนโลยีและแนวโน้มการประยุกต์ใช้เซนเซอร์กับ

ด้านการแพทย์และสุขภาพ

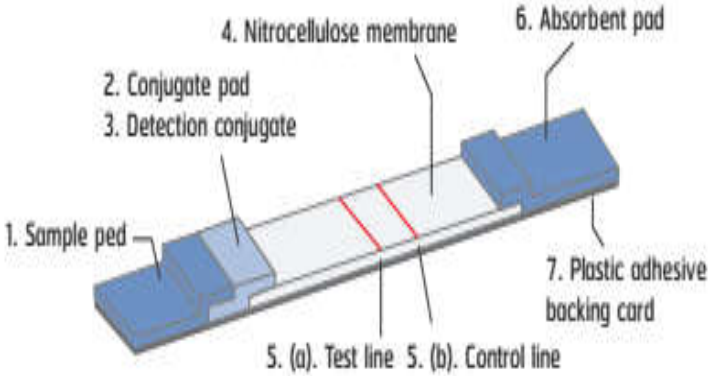
“การตรวจวัดวิเคราะห์ทางการแพทย์เป็นส่วนที่สำคัญมาก ในการตรวจวินิจฉัย เพื่อการรักษาโรค ต่าง ๆ ซึ่งมีความต้องการอย่างสูงมากสำหรับการแพทย์ในประเทศ”

1 เซนเซอร์ทางการแพทย์ทางกายภาพ (Medical Sensors)

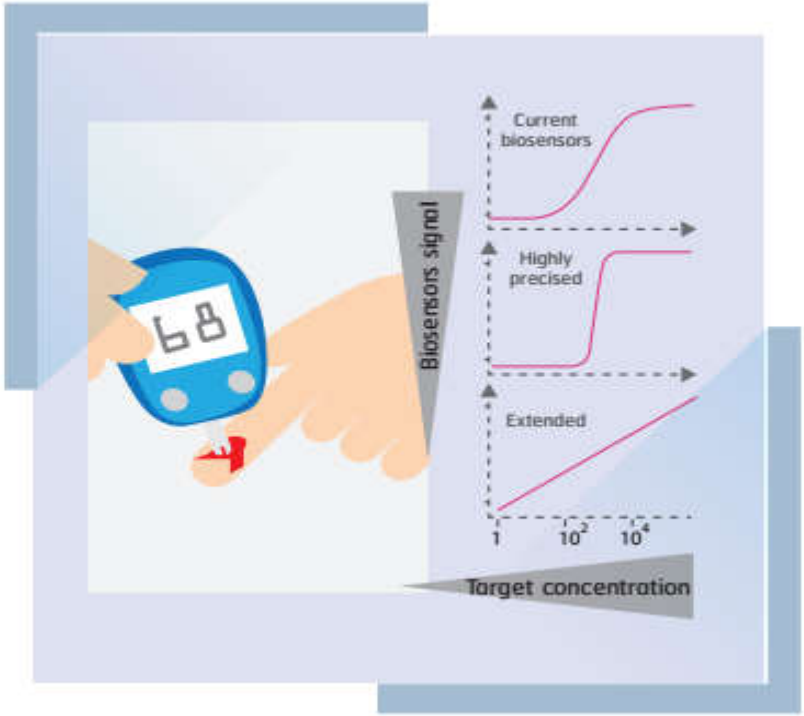
ที่ใช้ตรวจจับความเคลื่อนไหวของร่างกายโดยจะสวมใส่อุปกรณ์เซนเซอร์ตามร่างกายเพื่อตรวจวัดหาค่าต่าง ๆ เช่น ความดันโลหิต อัตราการเต้นหัวใจ รูปแบบการนอนหลับ น้ำหนัก ส่วนสูง ปริมาณออกซิเจน ฯลฯ

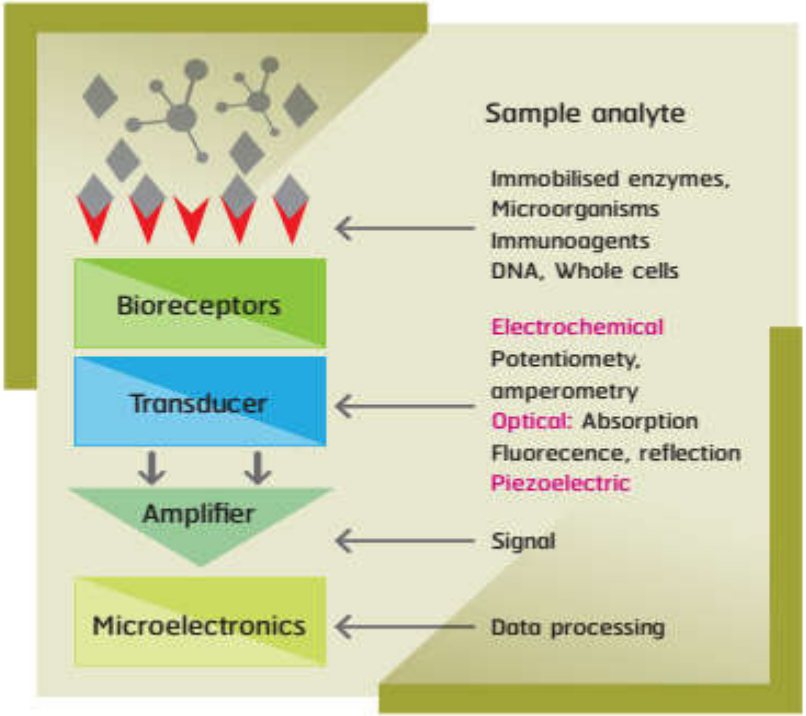
- เซนเซอร์ทางการแพทย์ทางกายภาพเพื่อตรวจวัดสัญญาณชีพต่าง ๆ ในร่างกาย

2 เซนเซอร์ทางการแพทย์ที่ใช้ตรวจวัดสารหรือตรวจหาเชื้อโรคต่าง ๆ ภายในร่างกาย (Biosensors)



หลักการทำงานของไบโอเซนเซอร์





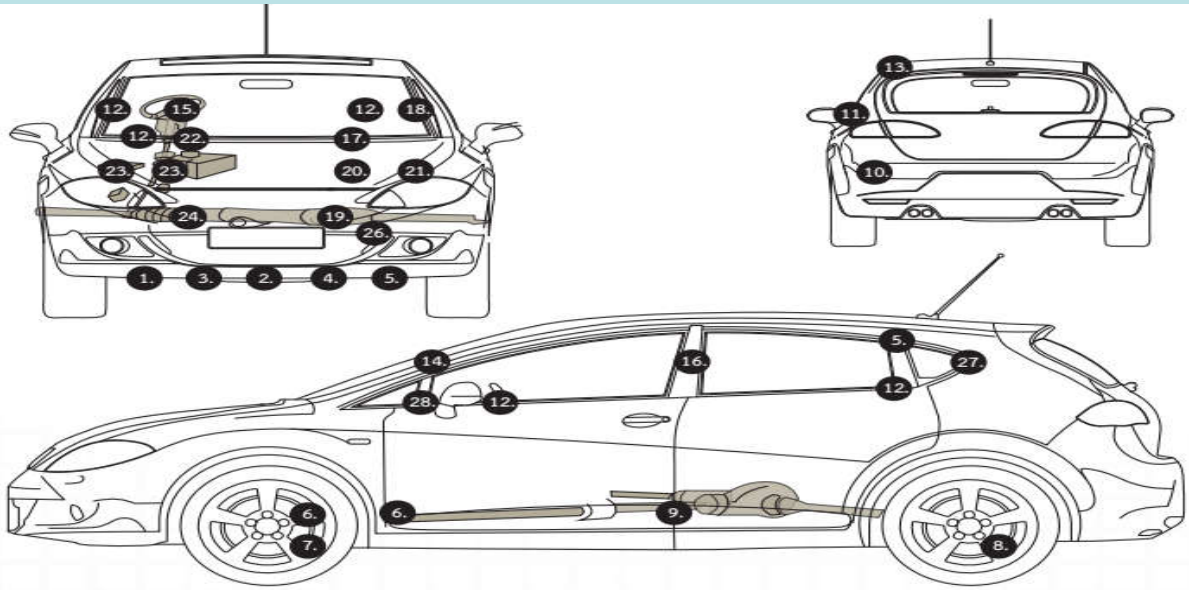
- ไบโอเซนเซอร์ชนิดแรกเกิดขึ้นในปี ค.ศ.1962 ประดิษฐ์โดยนักวิทยาศาสตร์ ชาวอเมริกันชื่อ ลีแลนด์ คลาค (Leland C. Clark) ได้ตีพิมพ์ผลงานในการประยุกต์ใช้ไบโอเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดปริมาณกลูโคสในเลือดมนุษย์ได้เป็นผลสำเร็จครั้งแรก
- สารชีวภาพที่ ลีแลนด์ คลาค ใช้คือ เอนไซม์ที่มีชื่อว่า กลูโคสออกซิเดสที่มีความจำเพาะเจาะจงกับกลูโคสเท่านั้น
- เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีความจำเพาะเจาะจงกับสารตั้งต้นหรือสับสเตรท (substrate) อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ในการเปลี่ยนสารตั้งต้นไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ในสิ่งมีชีวิต จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์เพื่อมาลดพลังงานกระตุ้นลง

เทคโนโลยีและแนวโน้มการประยุกต์ใช้เซนเซอร์กับ

อุตสาหกรรมยานยนต์ และระบบโลจิสติกส์

ระบบการขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport System) เพื่อรองรับความต้องการด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพของการจราจร และการปกป้อง สิ่งแวดล้อม

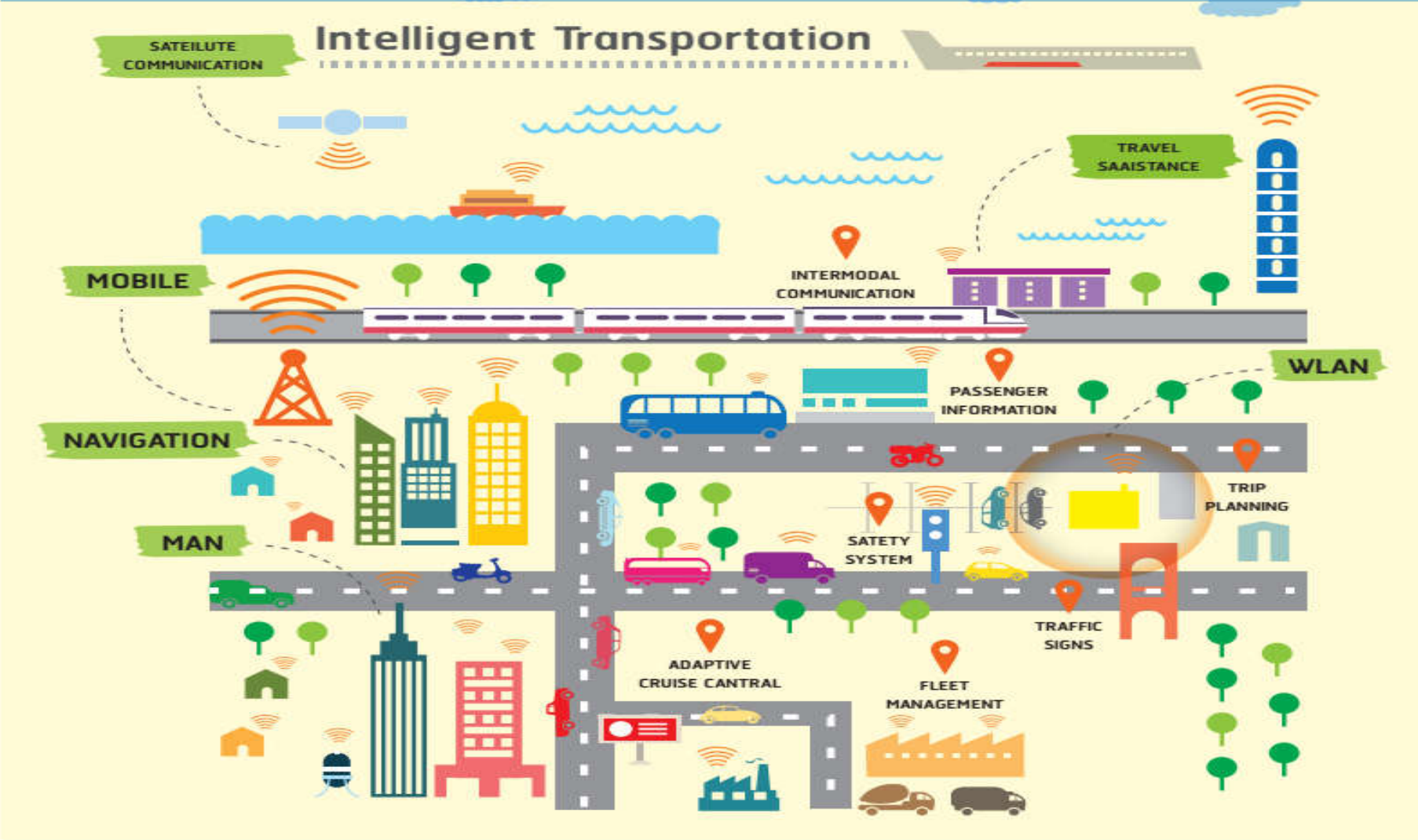
การพัฒนาอุปกรณ์อัจฉริยะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเซนเซอร์ (sensor) แอคซูเอเตอร์ (actuator) และระบบประมวลผลฝังตัว (embedded processors) เพื่อใช้กับยานยนต์อัจฉริยะเพื่อรองรับการใช้งานที่มี ความสะดวกสบายในการควบคุมการทำงานของยานยนต์ ด้านความปลอดภัย และเพื่อการสื่อสารหรือการเชื่อมต่อ กับระบบภายนอกในรูปแบบสัญญาณไร้สายต่างๆ



1. Road condition sensor
2. magnetic sensor
3. Vehicle distance
4. Forward obstacle sensor
5. Blind spot monitoring camera
6. Drive recorder
7. Side obstacle sensor
8. Air pressure sensor
9. Inside door lock/unlock
10. Rear obstacle sensor
11. GPS sensor
12. Airbag
13. Road-to-Vehicle/Vehicle- to-Vehicle communication system
14. Rear view camera
15. Water repelling wind shield
16. Seatbelt pretensioner
17. Driver monitoring sensor
18. Headup display
19. Steering anglo sensor
20. Electronic control throttle
21. Electronic control brake
22. Fire detection sensor
23. Vehicle speed, acceleration sensor
24. Collision detection sensor
25. Pedestrian collision injury reduction structure
26. Electronic control steering
27. Massage display system
28. Hands-freevsystem

นอกจากการสื่อสารหรือการเชื่อมต่อกันระหว่างพาหนะกับพาหนะ (Vehicle-to-Vehicle: V2V) หรือระหว่างพาหนะกับโครงสร้างพื้นฐาน (Vehicle-to-Infrastructure: V2I) แล้ว ยังมีการสื่อสาร หรือเชื่อมต่อกันกับภาคส่วนอื่นที่สำคัญเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในด้านต่าง ๆ อย่างด้าน การดูแลสุขภาพ (Health Care) หรือการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy Storage) เป็นต้

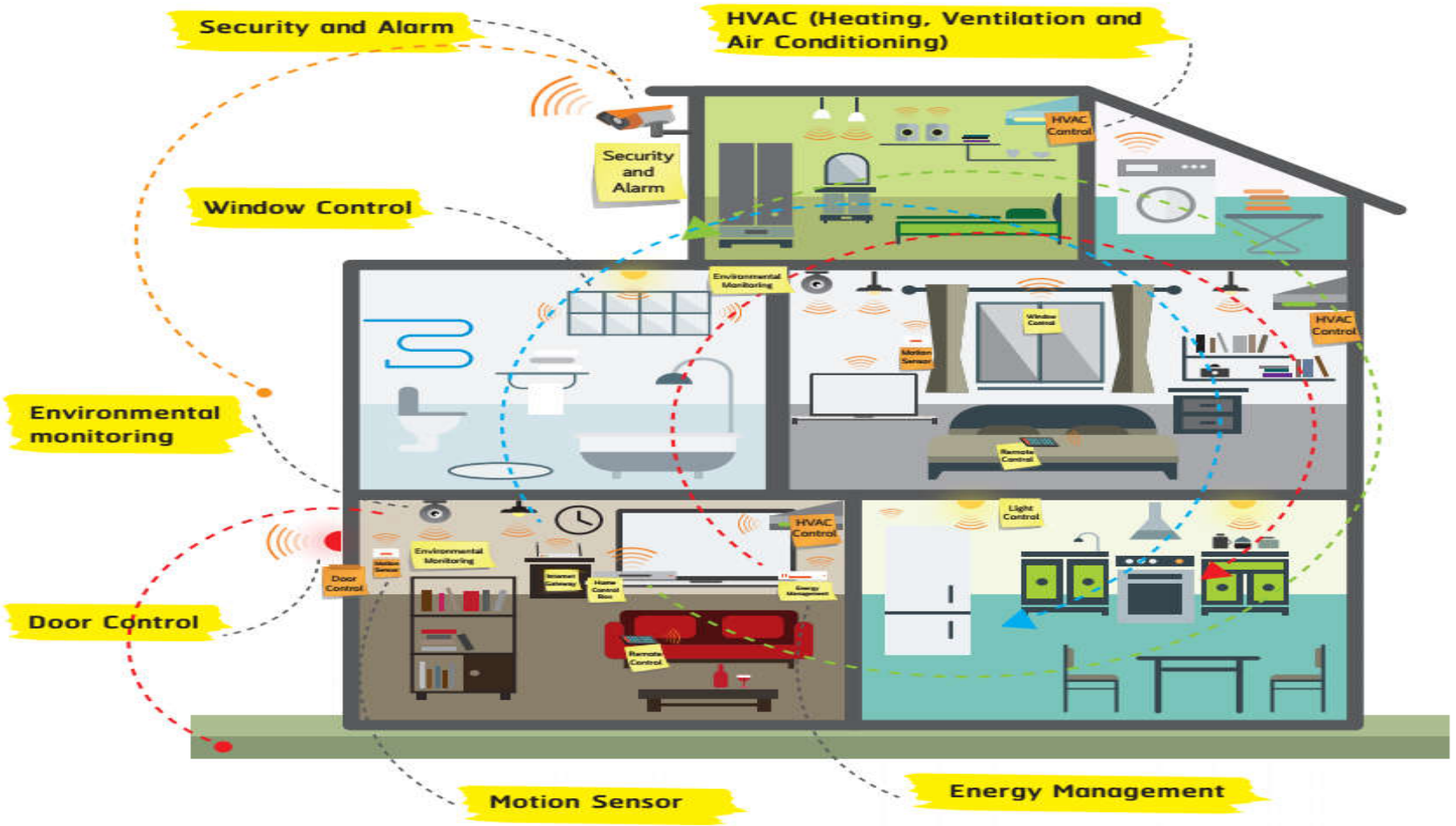
ระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport System)



เทคโนโลยีและแนวโน้มการประยุกต์ใช้เซนเซอร์

ด้านสิ่งแวดล้อมและที่อยู่อาศัย

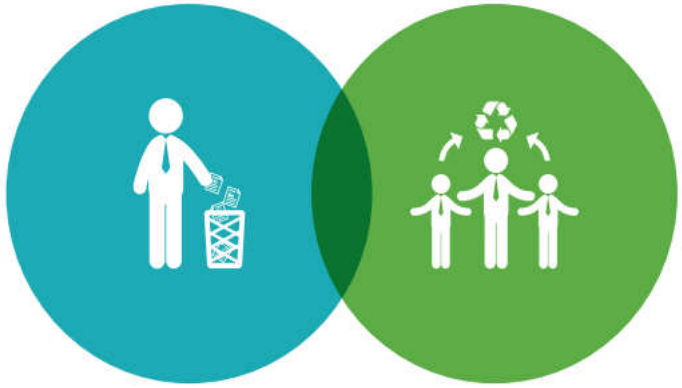
เซนเซอร์เพื่อประยุกต์ใช้กับที่อยู่อาศัย (Smart Home)



เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสิ่ง (Internet of Things: IoTs)

เซนเซอร์เพื่อการตรวจวัดสภาพแวดล้อม

➢ การตรวจวัดสภาพแวดล้อมในปัจจุบันอาจนับได้ว่ามี 2 แบบหลัก



1 การตรวจวัดมลพิษต่าง ๆ และควบคุมไม่ให้ค่าของมลพิษนั้นเกินกว่าค่าที่กำหนด ได้แก่ การตรวจสอบคุณภาพของน้ำ การตรวจสอบคุณภาพด้านอากาศ การตรวจสอบคุณภาพของเสียง การตรวจสอบคุณภาพของของเสียและขยะมูลฝอย

2 การวัดหรือควบคุมคุณภาพสภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงาน ในสภาวะการทำงานต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่าง และ เสียง สำหรับการวัดและการตรวจสอบสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในปัจจุบันสามารถทำได้ด้วยเทคนิคต่าง ๆ

พัฒนาโดยนักวิจัยไทย
(เนคเทค/สวทช)

เครื่องตรวจวัด
ความเป็นกรด-ด่าง
(pH Sensor)

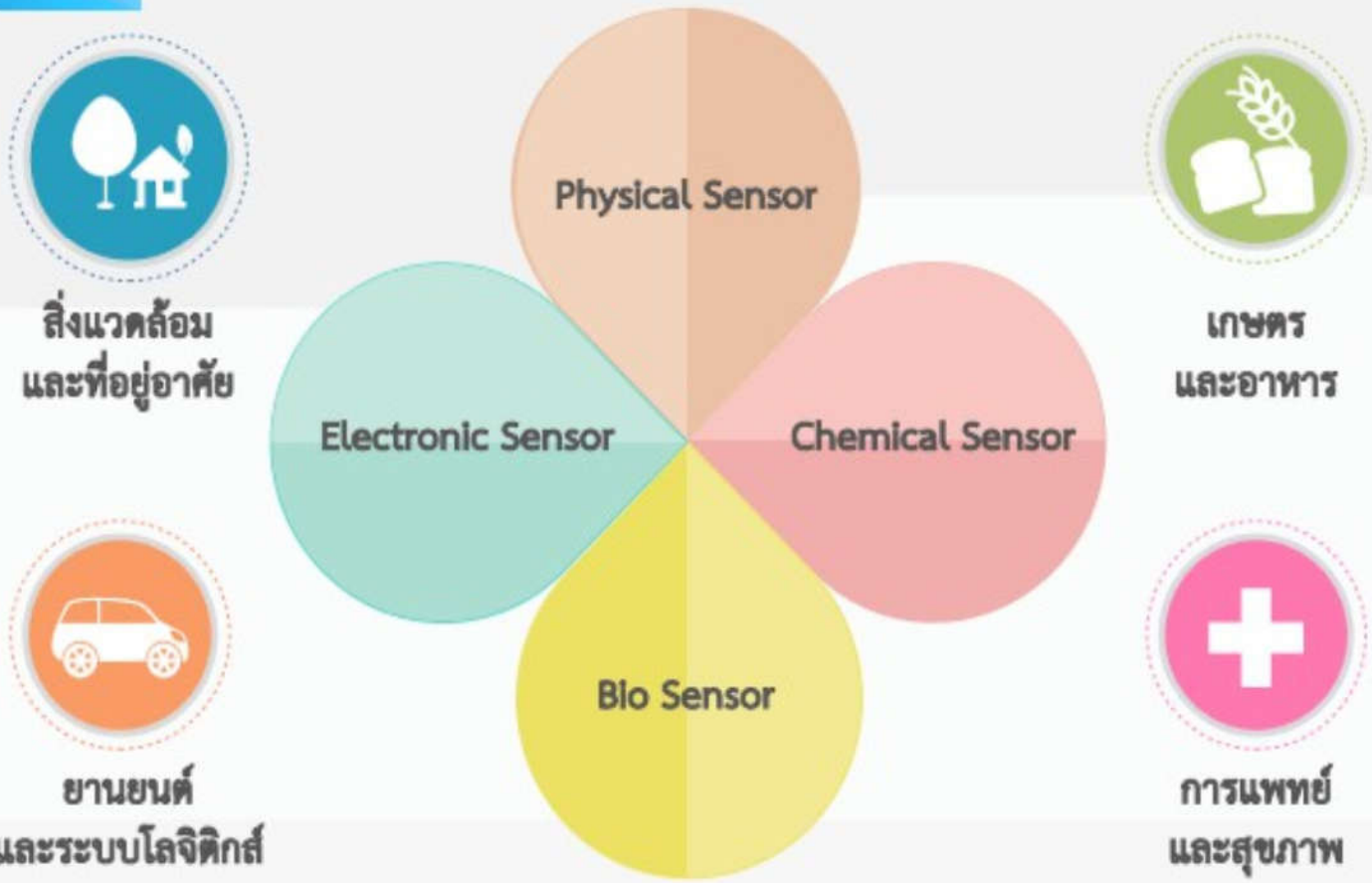
เครื่องตรวจวัด
ฝุ่นละออง

CLOUD NOSE

จมูกอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดกลิ่นในสภาพแวดล้อม

สถานภาพอุตสาหกรรม
และเครือข่ายเซนเซอร์ไทย

แนวโน้มและโอกาสของตลาดเซนเซอร์ในประเทศไทย

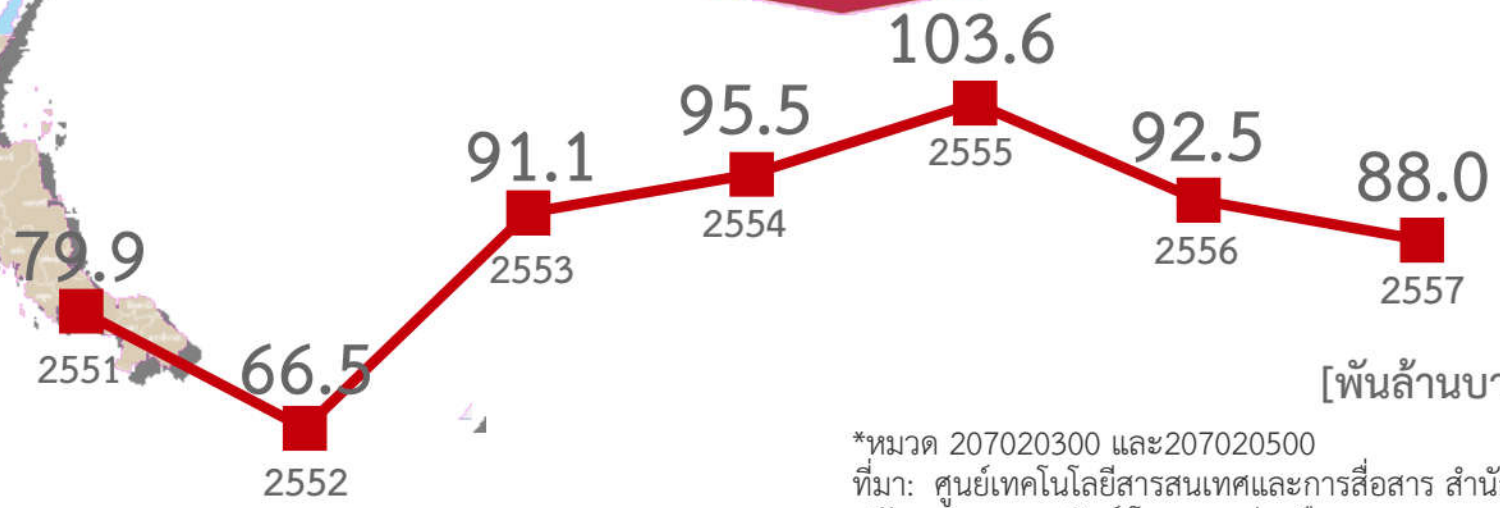


มูลค่าการนำเข้าอุปกรณ์ตรวจวัดฯในประเทศไทย

การนำเข้าอุปกรณ์วัด ตรวจสอบ บังคับหรือควบคุม และเครื่องมือเครื่องใช้การทดสอบต่างๆ เฉลี่ย

88 พันล้านบาท/ปี*

1.3 %ของนำเข้ารวม



*หมวด 207020300 และ207020500

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร

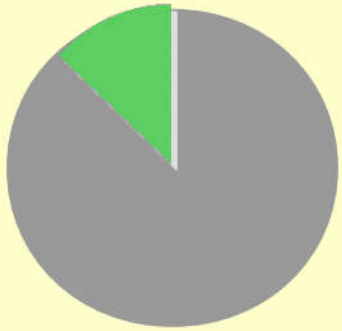
ข้อมูลการนำเข้ารวม ปี 57 =7,403.9 พันล้านบาท

ตลาดและโอกาส

เกษตรและอาหาร

ต้นพันธุ์	เพาะปลูก/เลี้ยง	แปรรูป	ผลิตภัณฑ์
- ตรวจเชื้อ/สารปนเปื้อน - สภาวะแวดล้อมในการเพาะต้นพันธุ์	- สภาวะเหมาะสม [สมาร์ทฟาร์ม/ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม]	- ตรวจก่อนส่งขาย - ตรวจวัตถุดิบนำเข้าส่งออก	- ตรวจมาตรฐานรสชาติ - ตรวจความปลอดภัยสารปนเปื้อน

ความปลอดภัยของผู้บริโภคในประเทศ/อาหารมีคุณภาพ/ ยกระดับสินค้าเกษตรและอาหารไทย



มูลค่าเกษตรและอาหารส่งออก (ปี 57)

1 ล้านล้านบาท

9% ของ GDP

โรงงานแปรรูปอาหาร

10,000 โรง

สถิติคนป่วยด้วยอาการอาหารเป็นพิษ (ปี 57)

134,000 คน

ที่มา : สถาบันอาหาร, นสพ.ไทยรัฐ

ตลาดและโอกาส

จำนวนผู้ป่วย/ผู้สูงวัย (57)

มาลาเรีย
43,450 คน

ไข้หวัดใหญ่/สายพันธุ์ใหม่
74,065 คน

มะเร็ง
141,750 คน

ผู้สูงวัย
14.9% ต่อประชากร

ระบบสาธารณสุข
โรคเขตร้อน
โรคอุบัติใหม่
โรคทางพันธุกรรม

สังคมสูงวัย
ภาระการดูแล
ผู้ป่วย/ผู้สูงวัย

สังคมสุขภาพดี
ลดภาระค่าใช้จ่าย
ลดภาระการดูแลผู้สูงวัย

ปี 2544-2548 ตลาดชุดตรวจวินิจฉัยของไทยมีมูลค่าประมาณ **2,800-3,000** ล้านบาท

มีการนำเข้าเครื่องมืออุปกรณ์ประมาณปีละ **6,000-7,000** ล้านบาท

มีการส่งออกชุดน้ำยาตรวจในปี 2551-53 ประมาณ **600-800** ล้านบาท

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำแผนที่นำทางและแผนปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาบุคลากรและเครือข่ายเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชุดตรวจ และเซนเซอร์, สวทน, 2555

ตลาดและโอกาส

ยอดขายรถในประเทศไทย (ปี 57) 0.9 ล้านคัน*
ส่งออก 1.1 ล้านคัน

SMEs ในอุตสาหกรรมยานยนต์สร้างมูลค่า/GDP (ปี 57)
27.3 พันล้านบาท

ผู้ประกอบการผลิตชิ้นส่วนประมาณ 1,700 ราย

มูลค่าระบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถไม่ต่ำกว่า 36 %** หรือประมาณ 578.3 พันล้านบาท

การผลิตอุปกรณ์เสริมและอุปกรณ์ไฟฟ้าในรถยนต์ (ปี 56) 121.5 ล้านบาท
เติบโต 30%

*ทุกประเภท
**ประเมินที่ราคาต่อคัน 0.8 ล้านบาท สัดส่วนอ้างอิงจากรายงานของ FAST GmbH, Munich, Germany (2005)
ที่มา: สถาบันยานยนต์, กรมพัฒนาธุรกิจการค้า

ตลาดและโอกาส

สิ่งแวดล้อมและที่อยู่อาศัย

สิ่งแวดล้อม

- การเฝ้าระวังภัยธรรมชาติ
- มาตรฐานสิ่งแวดล้อมในโรงงาน และบ้านเรือน

ที่อยู่อาศัย

- ความปลอดภัยในที่อยู่อาศัย
- Smart Home กลุ่มผู้บริโภครุ่นใหม่

ลดความเสี่ยงในการดูแลที่อยู่อาศัย/ปลอดภัยสำหรับดูแลผู้สูงวัยในบ้าน/มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศดีขึ้น

ประชากรสูงวัยต่อประชากร*
(ปี 57) 14.9 %
(ปี 73) 25.1%

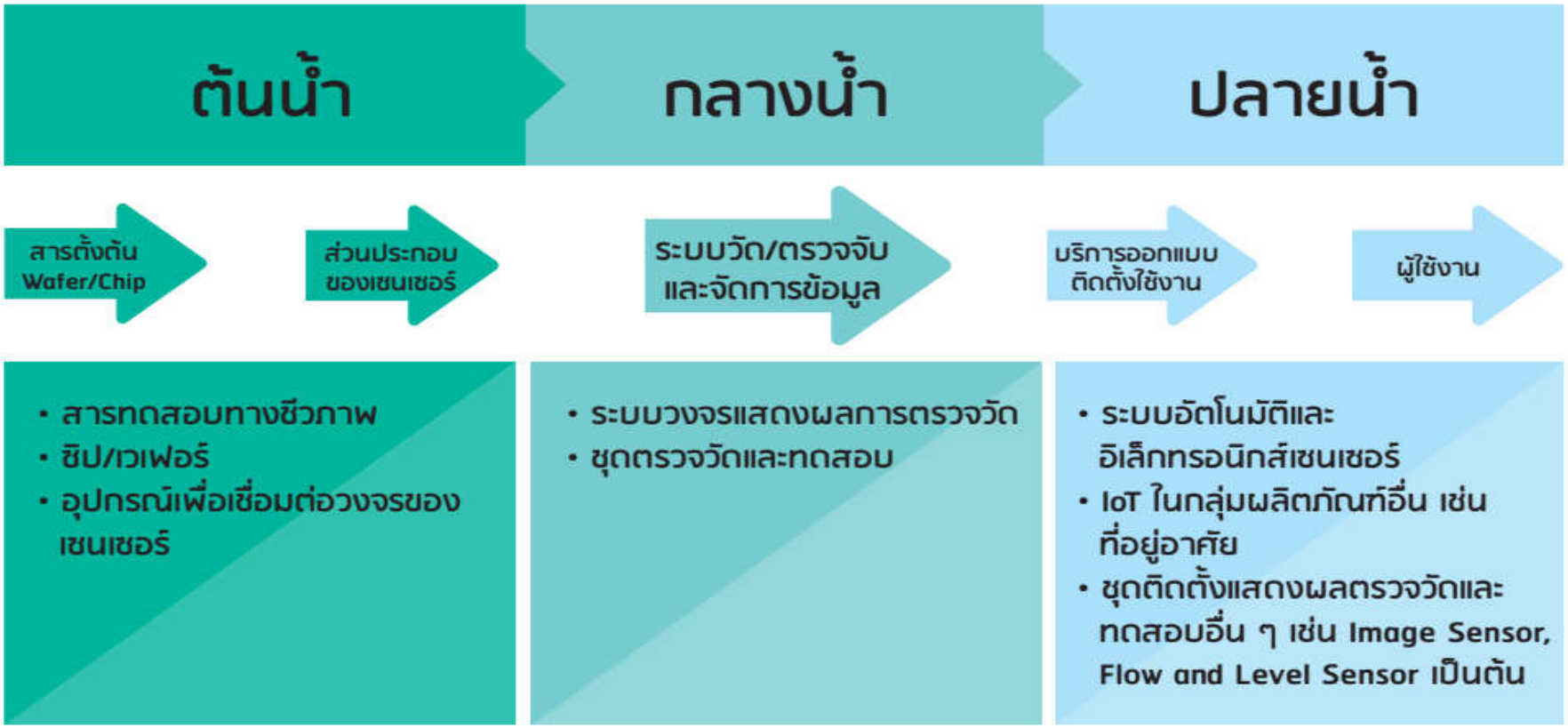
ครอบครัวเดี่ยวเพิ่มขึ้น

การกำกับ/บังคับใช้มาตรฐานสิ่งแวดล้อม

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ *อายุ 60 ปีขึ้นไป

ผู้ประกอบการ
ในอุตสาหกรรมเซนเซอร์ไทย

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทางธุรกิจและ
การแข่งขันของ
ผู้ประกอบการเซนเซอร์



ต้นน้ำของธุรกิจ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1. การที่ผลิตสารตั้งต้น wafer หรือ chip กลุ่มผู้ประกอบการเหล่านี้มีจำนวนไม่มาก ส่วนใหญ่เป็นด้านชีวเซนเซอร์ และเคมีเซนเซอร์ เนื่องจากกลุ่มนี้ต้องมีงานวิจัยและพัฒนา ผู้ประกอบการต้องมีห้องทดลอง ทดสอบ และมีองค์ความรู้ระดับหนึ่ง ซึ่งทำให้การเกิดในเชิงธุรกิจทำได้ยาก

2. การผลิตอุปกรณ์และส่วนประกอบ เป็นกลุ่มที่นำเอาสาร/วัสดุตั้งต้น มาประกอบกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในขณะที่

กลางน้ำ ประกอบด้วย

ปลายน้ำ เป็นการบริการติดตั้งการใช้งาน และการวิเคราะห์ทดสอบ เป็นกลุ่มที่นำเอาเซนเซอร์ ระบบที่มีเซนเซอร์ประกอบไปประยุกต์ใช้ให้บริการวิเคราะห์ ทดสอบในด้านต่างๆ

ศักยภาพและความพร้อมของ
ผู้พัฒนาเทคโนโลยีด้านเซนเซอร์ของ
ประเทศไทย

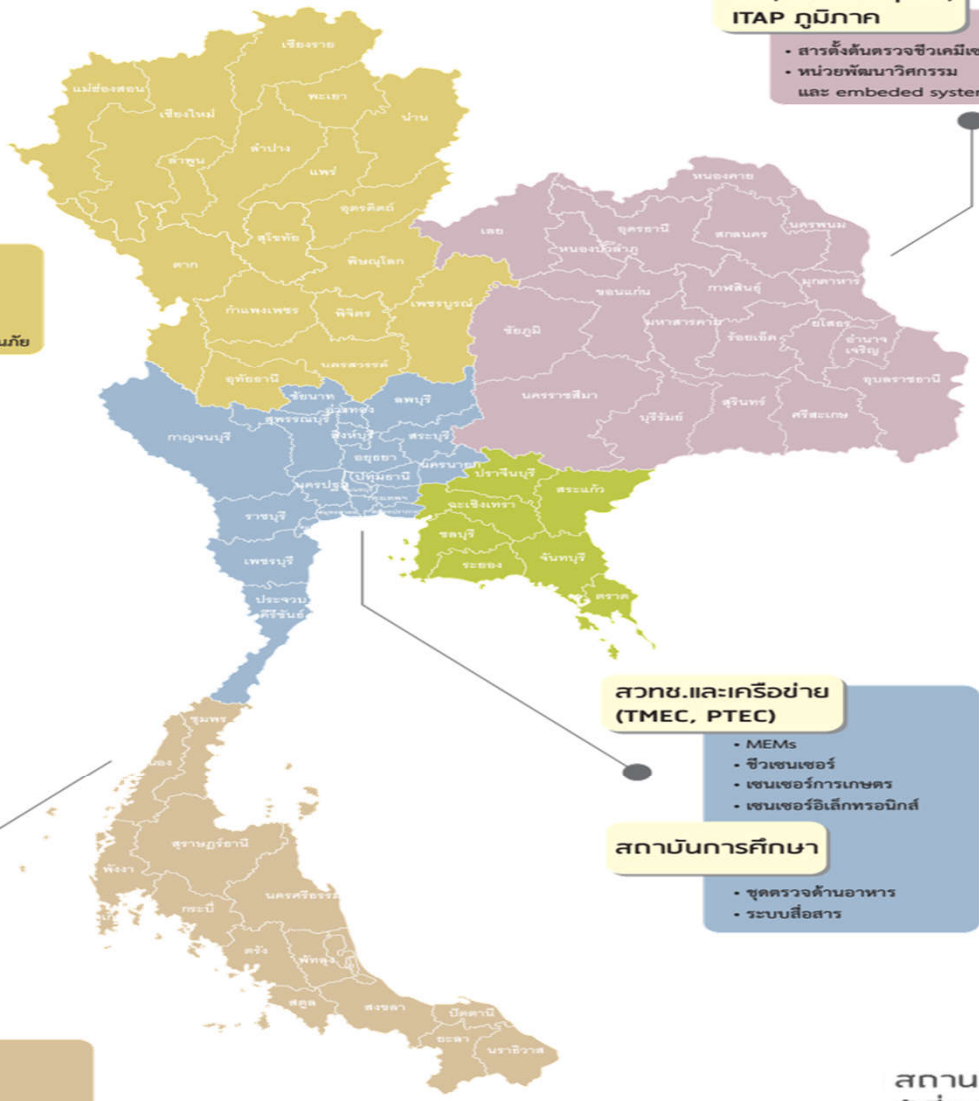
- เทคโนโลยีหลักที่เกี่ยว ข้องกับผลิตภัณฑ์เซนเซอร์นั้น ได้แก่ เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ รวมถึงระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการแสดงผลและประยุกต์ใช้งาน

- ปัจจัยความสำเร็จอย่างหนึ่งของการพัฒนาเทคโนโลยี ดังกล่าว คือ การพัฒนาสารชีวภาพที่มี ความจำเพาะกับสารเป้าหมาย ที่ต้องการตรวจวัด และกระบวนการผลิตสารชีวภาพ ซึ่งคุณสมบัติของสารชีวภาพ ที่พัฒนาขึ้นโดยส่วนใหญ่ มีลักษณะเฉพาะตัว ไม่สามารถลอกเลียนแบบได้ง่าย สำหรับไทย

- ศักยภาพและความเชี่ยวชาญ ทางเทคโนโลยีไทยที่สอดคล้องกับห่วงโซ่ธุรกิจเซนเซอร์จึงได้มุ่งเน้นการพัฒนาใน 2 ส่วน คือเซนเซอร์ทางกายภาพและเคมีที่มีความต้องการเฉพาะด้าน สำหรับอุตสาหกรรมที่มีจำเป็นที่ชัดเจน และอีกส่วนคือการพัฒนาเซนเซอร์ทางชีวภาพ เพื่อการตรวจวิเคราะห์หรือตรวจวินิจฉัย

สถานภาพเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญและ

การผลิตบุคลากร



มช., ม.แม่โจ้

- เซนเซอร์เพื่อการผลิตโรงงาน
- ชีวเคมีเซนเซอร์ด้านการแพทย์
- การเกษตร และระบบตรวจวัด เตือนภัย

มข., Science park, ITAP ภูมิภาค

- สารตั้งต้นตรวจชีวเคมีเซนเซอร์
- หน่วยพัฒนาวิศกรรม และ embeded system

สวทช.และเครือข่าย (TMEC, PTEC)

- MEMs
- ชีวเซนเซอร์
- เซนเซอร์การเกษตร
- เซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์

สถาบันการศึกษา

- ชุดตรวจด้านอาหาร
- ระบบสื่อสาร

มอ.และหน่วยบ่มเพาะฯ และ COE

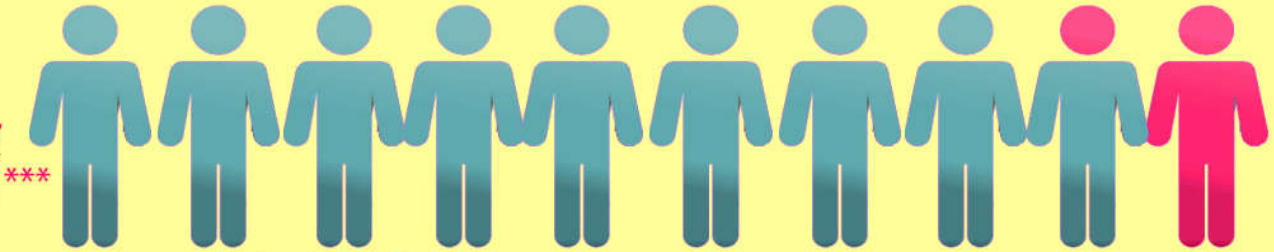
- ชุดตรวจทางเคมีเซนเซอร์
- Wireless sensor

สถานภาพเครือข่าย
ผู้เชี่ยวชาญและ
การผลิตบุคลากร

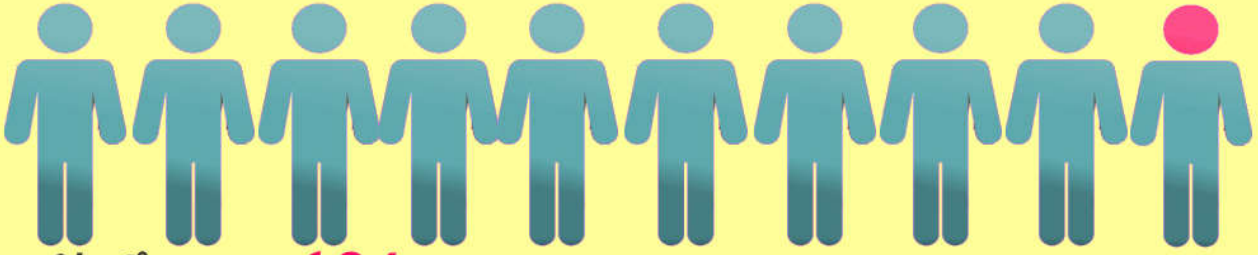
การวิจัยไทย

งานวิจัย 4,530 หัวข้อ*
บทความ 275 เรื่อง**

การทำวิจัยด้านเซนเซอร์*** (2557)



อาจารย์ 12% ของสาขาที่เกี่ยวข้อง[385/3,200 คน]

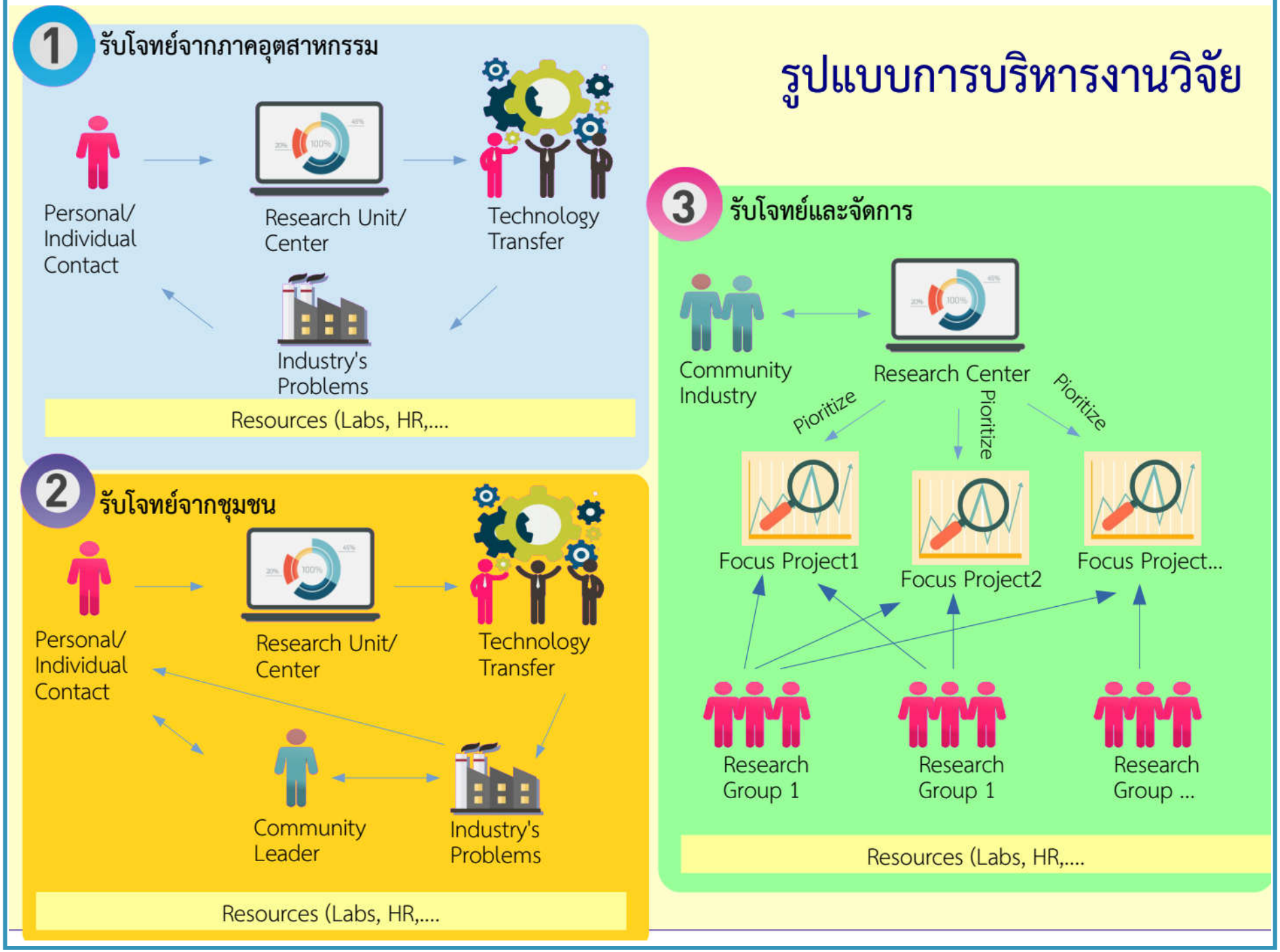


นักศึกษา 4% ของสาขาที่เกี่ยวข้อง [640/18,000 คน]

สิทธิบัตรนานาชาติที่จดในประเทศไทย
มี 5 IP จากเกาหลี (4) และญี่ปุ่น (1)
และ 793 IP ที่มีผู้ยื่นจดในประเทศไทย****

*เซนเซอร์, ตรวจวัด, ระบบอัตโนมัติ
**IEEE ปี 2558 คำค้น sensor technology Thailand
*** คณะ/ภาควิชาด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
ที่มา : TNRR, สกอ., ประมาณการโดยทีมวิจัย
**** http://patentsearch.ipthailand.go.th/DIP2013/complexsearch.php

รูปแบบการบริหารงานวิจัย



ตัวอย่างงานวิจัยไทย

โรคธาลัสซีเมีย

เดิม PCR โดยใช้ DNA ความยุ่งยากและต้นทุนสูง [1200 บาท]
ใหม่ น้ำยาหรือแอนติบอดี ผลตรวจมีความถูกต้อง 100% ใช้เวลาเพียง 3 นาที ไม่ต้องใช้เครื่องมืออื่นใด ไม่ต้องการบุคลากรที่มีความชำนาญสูงในการวิเคราะห์ [ราคาต่ำกว่า 500 บาท]

ชุดตรวจโรคกุ้ง

มีชุดตรวจหลายประเภทซึ่งใช้งานง่าย รวดเร็ว ตัวอย่างเช่น ชุดทดสอบ Strip Test ทดสอบ 15 นาที สำหรับโรค YHV และ Vibrio (www.biotec.or.th/sbbu)

Alfasense

เครื่องตรวจวัดอะฟลาทอกซินแบบรวดเร็วขนาดพกพา เทคโนโลยีการพิมพ์ (Printing Technology) ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์ตรวจวัดสารปนเปื้อนอะฟลาทอกซินที่มีประสิทธิภาพและความไวสูง ใช้เวลาน้อย

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ

อุปกรณ์เซนเซอร์

01 **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)** หมายถึง เกณฑ์หรือข้อกำหนดทางเทคนิคที่กำหนดขึ้น สำหรับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย ซึ่งอาจรวมถึงจำพวก แบบ รูปร่าง มิติ วิธีทำ วัตถุที่นำมาใช้ คุณสมบัติและคุณลักษณะที่ต้องการ วิธีตรวจหรือวิธีทดสอบเพื่อใช้ในการตัดสินว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นไปตามมาตรฐาน โดยทั่วไปมาตรฐาน มอก. ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่:

- **มาตรฐานทั่วไป** เป็นมาตรฐานที่เป็นการอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแก่ผู้ประกอบการที่มีความประสงค์ในการแสดงเครื่องหมายมาตรฐาน เพื่อเป็นการแสดงคุณสมบัติและคุณภาพของสินค้า
- **มาตรฐานบังคับ** เป็นมาตรฐานที่ถูกใช้ในกรณีที่มีความจำเป็นเพื่อประโยชน์ในการคุ้มครองผู้บริโภค และความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนและสาธารณะ เพื่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งเพื่อความมั่นคงและการคุ้มครองเศรษฐกิจของประเทศ

02 **European Conformity: CE** เป็นเครื่องหมายที่แสดงการรับรองจากผู้ผลิต **(Manufacturer's Declaration)** ที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดด้านสุขภาพและความปลอดภัย และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับสหภาพยุโรป

03 **Federal Communications Commission (FCC)** หมายถึง คณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสารของประเทศสหรัฐอเมริกา

04 **Underwriters Laboratories Inc. (UL)** เป็นองค์กรอิสระที่ให้การรับรองเกี่ยวกับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ในประเทศสหรัฐอเมริกา

05 **Japanese Industrial Standard (JIS)** เป็นมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น

06 **International Electrotechnical Commission (IEC)** คือ มาตรฐานขององค์กรระหว่างประเทศที่จัดทำมาตรฐานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

07 **International Standards Organization (ISO)** เป็นองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยเรื่องมาตรฐาน

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับ

มาตรฐานในประเทศไทย

01 **สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)** ทำหน้าที่ในการดูแลและกำหนดมาตรฐานด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในภาพรวม

02 **สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)** ทำหน้าที่ในการดูแลและกำหนดผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์และสาธารณสุข ประกอบด้วย อาหาร ยา เวชภัณฑ์ และเครื่องสำอาง

03 **คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.)** ทำหน้าที่ในการดูแลและกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวกับคลื่นความถี่การโทรคมนาคมและสื่อสาร

04 **กระทรวงพลังงาน** ทำหน้าที่ดูแลและกำหนดมาตรฐานด้านพลังงาน-มาตรฐานเบอร์ 5

05 **สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ (สรอ.)** ทำหน้าที่ให้บริการรับรองตามมาตรฐานไอเอสโอ และมาตรฐานระบบอื่น ๆ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพและคุณภาพของอุตสาหกรรม เพิ่มขีดความสามารถด้านการรับรองของประเทศให้ทัดเทียมกับประเทศอื่น ๆ

มาตรฐานเซนเซอร์

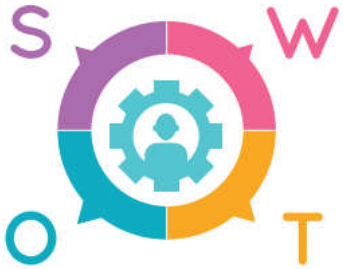
ที่เกี่ยวข้องตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ตารางด้านล่างนี้ แสดงให้เห็นถึงมาตรฐานของสินค้าเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องเมื่อจำแนกตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ ดังนี้

กลุ่มผลิตภัณฑ์	มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง
อุตสาหกรรมยานยนต์	ISO, IEC/CISPR, EC, SAE, JASO, GB/T
สาธารณสุข การแพทย์และสุขภาพ	CE/IEC60601, ANSI/UL 2601-1, EN 60601-1/BS EN 60601-1, IEC 60601-1

ทิศทางการพัฒนาแผนกลยุทธ์สำหรับเทคโนโลยีเซนเซอร์

การวิเคราะห์สถานภาพแวดล้อมทางธุรกิจและการแข่งขันของผู้ประกอบการธุรกิจเซนเซอร์ของไทย (จุดอ่อน จุดแข็ง โอกาส ภาวะคุกคาม:SWOT ANALYSIS)



S

- สามารถนำเซนเซอร์ไปใช้งานได้หลากหลาย
- มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีมากกระจายในสถาบันวิจัย สถาบันการศึกษา และบริษัทเอกชน
- บุคลากรเชี่ยวชาญหลากหลายมีการทำงานร่วมกันอยู่บ้างแล้ว
- เครือข่ายหลากหลาย และ suppy chain
- ผู้ประกอบการมีทักษะด้านการประกอบและออกแบบผลิตภัณฑ์
- มีความเข้มแข็งเฉพาะด้านอยู่แล้วเช่นชุดตรวจ

W

- ตลาดในประเทศเล็ก (เมื่อเทียบตลาดโลก)
- เทคโนโลยีฐานระดับต้นน้ำยังมีไม่มาก
- บุคลากรนักวิจัยและพัฒนาเฉพาะทางไม่เพียงพอ ไม่มีการสร้างเครือข่ายที่ชัดเจนและยั่งยืน
- ความเข้าใจในการสร้างตลาดของผู้ประกอบการไม่มาก
- ขาดทักษะผสานและการนำเทคโนโลยีจาก Lab สู่เชิงพาณิชย์
- ยังมีการรวมกลุ่มงานวิจัยน้อย ยังไม่ชัดเจน เข้มแข็ง ผลงานยังกระจัดกระจาย
- การรวมกลุ่มเฉพาะกิจไม่ต่อเนื่อง
- ขาดฐานข้อมูลและการ share resoure ด้านการวิจัย

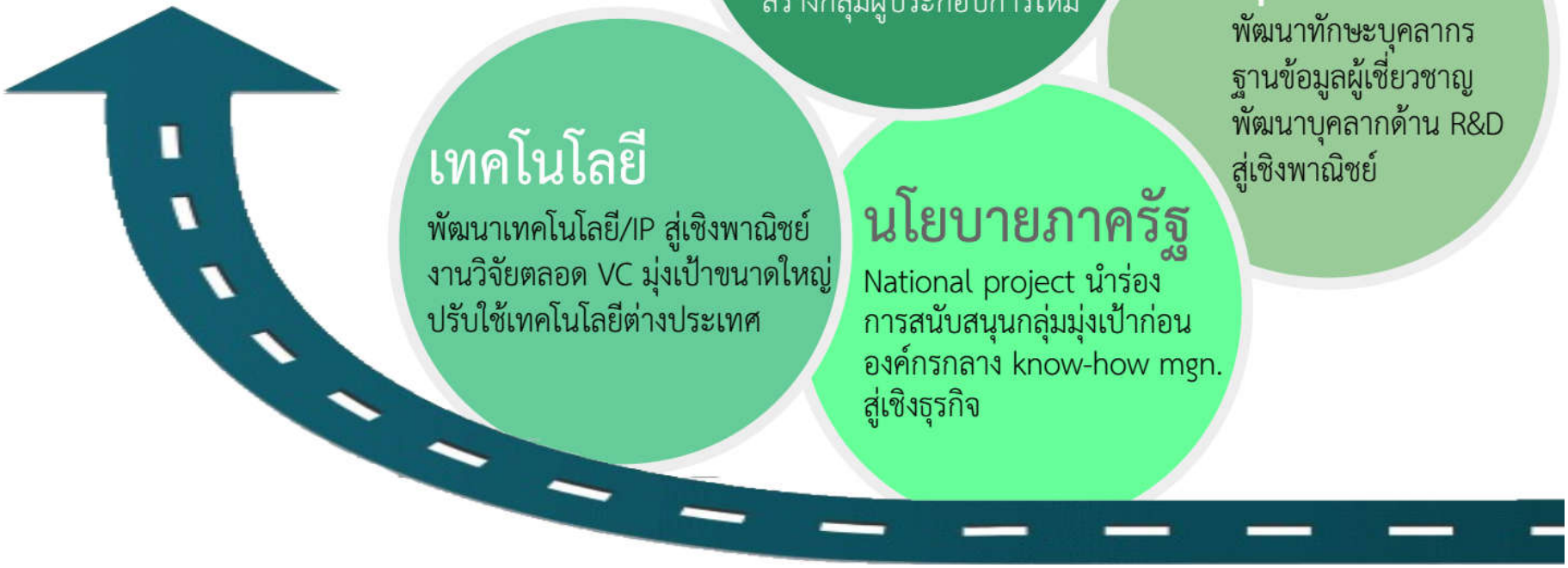
O

- แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และความต้องการการตลาดหลากหลายขึ้น
- การเติบโตของตลาดและผู้ใช้งานในโลกเพิ่ม
- การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้งานมากขึ้น
- ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตด้านด้านเกษตรและอาหาร
- รัฐให้ความสำคัญ ดำเนินการบ้างแล้วแม้อาจยังไม่เน้นเฉพาะด้าน

T

- สับสนมูลค่าตลาดของเซนเซอร์แท้จริง
- การยอมรับในผลิตภัณฑ์จากลูกค้ายังไม่มากพอ
- การสนับสนุนมูลวิเคราะห์ตลาด และเทคโนโลยียังไม่เพียงพอ
- เทคโนโลยีการทดสอบมาตรฐานระดับสากลยังไม่เพียงพอ
- เทคโนโลยีราคาต่ำจากประเทศจีน
- การขาดดุลการค้ายังนำเข้าในปริมาณมาก
- มีการผูกขาดด้านเทคโนโลยีจากผู้ประกอบการรายใหญ่
- นโยบายสนับสนุนการสร้างธุรกิจใหม่ยังไม่ต่อเนื่องยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ
การพัฒนาอุตสาหกรรมเซนเซอร์ไทย



เครือข่าย
องค์กรกลางเชื่อมโยงเครือข่าย/ข้อมูล
จับคู่พันธมิตรระยะยาว
พัฒนาการเชื่อมโยงยั่งยืน
(บูรณาการ)

ผลิตภัณฑ์
การพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่มาตรฐาน
พัฒนากลุ่ม Niche market
ส่งเสริมผู้ประกอบการใหม่
สร้างกลุ่มผู้ประกอบการใหม่

บุคลากร
พัฒนาทักษะบุคลากร
ฐานข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ
พัฒนาบุคลากด้าน R&D
สู่เชิงพาณิชย์

เทคโนโลยี
พัฒนาเทคโนโลยี/IP สู่เชิงพาณิชย์
งานวิจัยตลอด VC มุ่งเป้าขนาดใหญ่
ปรับใช้เทคโนโลยีต่างประเทศ

นโยบายภาครัฐ
National project นำร่อง
การสนับสนุนกลุ่มมุ่งเป้าก่อน
องค์กรกลาง know-how mgn.
สู่เชิงธุรกิจ

แผนกลยุทธ์และการพัฒนาเครือข่าย
เชี่ยวชาญเฉพาะทาง
ด้านเทคโนโลยีและระบบเครือข่ายเซนเซอร์

เกษตร
และอาหาร
การแพทย์
และสุขภาพ
ยานยนต์
และระบบโลจิติกส์
สิ่งแวดล้อม
และที่อยู่อาศัย
Strategy for Thailand: Market&Application Focus
National Program & Pilot Products
Continue
Operating
ดำเนินการต่อจากเดิม
Generate
New Operating
สร้างเสริมเพิ่มเติม
Sustainable
Operating
ดำเนินการยั่งยืน

กลยุทธ์และมาตรการ

1. การพัฒนาตลาด &ผลิตภัณฑ์
2. การพัฒนาและสนับสนุนเทคโนโลยี
3. การพัฒนาบุคลากร
4. การพัฒนาเครือข่าย
5. โครงสร้างพื้นฐานและนโยบาย

1

Demand driven

แผนกลยุทธ์
ด้านการพัฒนาตลาด&ผลิตภัณฑ์

กลยุทธ์

- พัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการเพื่อให้เกิดนวัตกรรม หรือบริการใหม่
- สร้างความรู้ ความตระหนักให้กับผู้ใช้งานเพื่อการสร้างตลาดที่ยั่งยืน
- สนับสนุนการลงทุนด้านเซนเซอร์

มาตรการ/แผนปฏิบัติการ

- ผลิตภัณฑ์นำร่องที่ตอบรับความต้องการของตลาด niche market (เน้นการสร้างนวัตกรรมและบริการ)
- สร้างตลาดใหม่/ตลาดเป้าหมาย
- พัฒนาองค์ความรู้ด้านมาตรฐาน
- สร้าง/สนับสนุนผู้ประกอบการ
- พัฒนาผู้ใช้ หรือผู้บริโภค

2

Innovative Technology

แผนกลยุทธ์

ด้านการพัฒนาและสนับสนุนเทคโนโลยี

กลยุทธ์

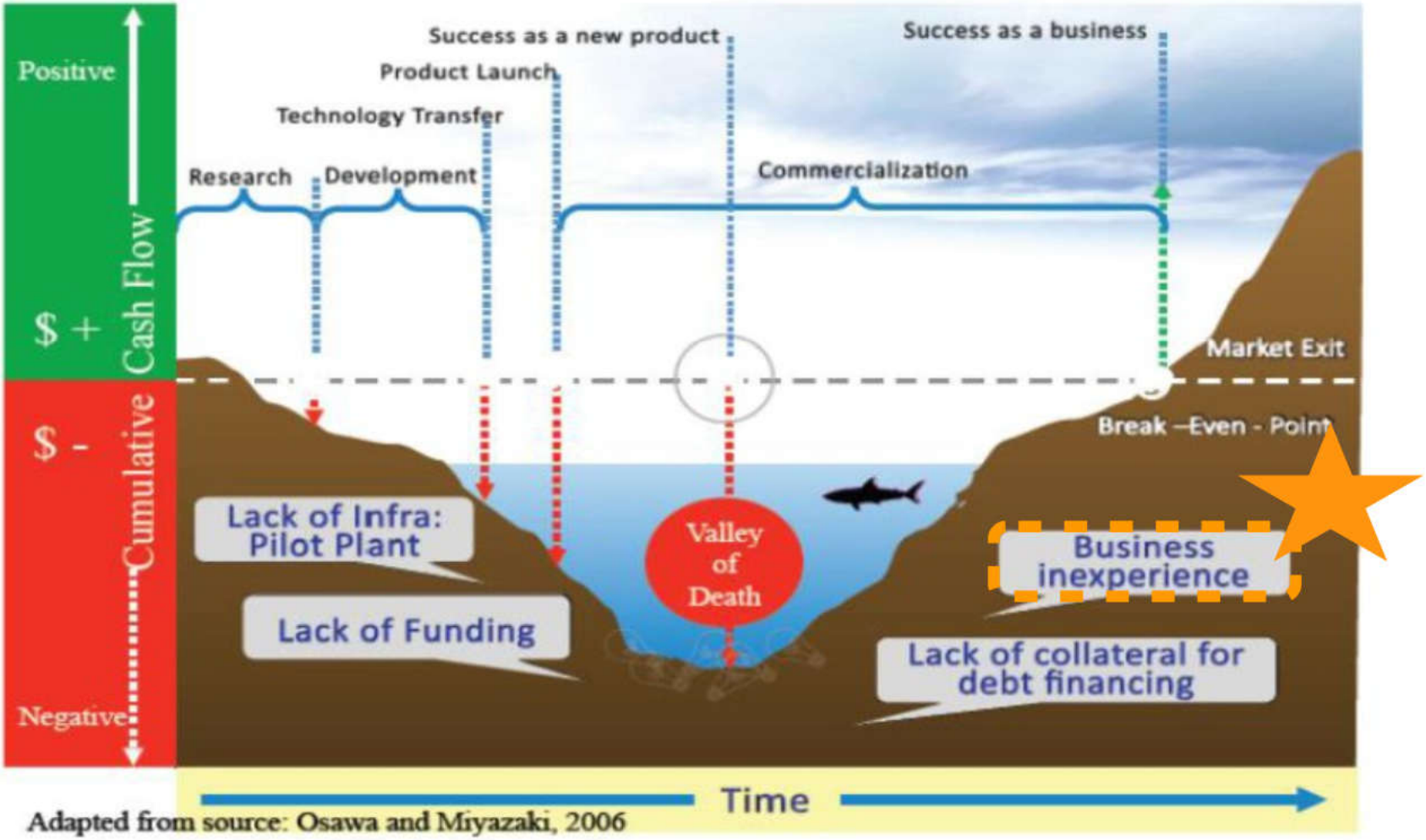
• สนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีที่สร้างนวัตกรรม
เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์/บริการในประเทศหรือส่งออก

**ยานยนต์และสิ่งแวดล้อมเน้นเพัฒนาเทคโนโลยีมุ่งไปสู่ผลิตภัณฑ์

มาตรการ/แผนปฏิบัติการ

• ศึกษาและติดตามแนวโน้มเทคโนโลยี
• ส่งเสริมสนับสนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับตลาด
• สนับสนุนให้เกิดหน่วยงานกลางทำหน้าที่สนับสนุนการพัฒนา
กระบวนการเชื่อมโยงงานวิจัยสู่เชิงพาณิชย์
(เน้นด้านการออกแบบวิศวกรรม การวิเคราะห์เชิงธุรกิจ
และการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์)

"Valley of Death"



Adapted from source: Osawa and Miyazaki, 2006

3

Start Up &
Entrepreneur Skill

แผนกลยุทธ์ด้านบุคลากร

กลยุทธ์ผู้พัฒนาเทคโนโลยี/เทคนิค

มาตรการ/แผนปฏิบัติการ

- พัฒนาหลักสูตรสหสาขาวิชา และหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์
- ส่งเสริมกิจกรรมสหกิจศึกษา
- สนับสนุน Talent Mobility (นักวิจัยทำงานในสถานประกอบการ)
- สนับสนุนให้รับถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าจากต่างประเทศเพื่อต่อยอดงานวิจัย

กลยุทธ์ผู้ประกอบการและบุคลากรในอุตสาหกรรม

มาตรการ/แผนปฏิบัติการ

- เตรียมความพร้อม เพิ่มทักษะ Start up entrepreneur
- พัฒนาองค์ความรู้เพิ่มเติมเช่น มาตรฐาน หรือองค์ความรู้เชิงลึก
- อบรมเทคโนโลยีที่พร้อมถ่ายทอด
- เพิ่มทักษะผู้ประกอบการให้การหาตลาดใหม่
- ส่งเสริมผู้ประกอบการที่มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรม (กลุ่มบัญชีนวัตกรรม)

4

Strategic
Focus Network

แผนกลยุทธ์
ด้านการพัฒนาเครือข่าย

กลยุทธ์

- สนับสนุนการทำงานแบบบูรณาการ (รัฐ เอกชน สถาบันการศึกษา)
- สนับสนุนให้เกิดการจับคู่การสร้างนวัตกรรมระหว่างผู้พัฒนาและผู้ใช้งาน
- พัฒนาฐานข้อมูลเครือข่ายด้านเซนเซอร์ที่ทันสมัย

มาตรการ/แผนปฏิบัติการ

- พัฒนา Virtual network (สำรวจความเข้มแข็ง แลกเปลี่ยนความรู้ การจัด Forum สัมมนา โดยเน้นการทำงานแบบบูรณาการ)
- กิจกรรม Technology Broker [Matching] เชิงรุก ซึ่งสนับสนุนการเสาะหาเทคโนโลยี วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางธุรกิจ เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์
- สนับสนุนการเกิดเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง (การสร้างนักวิจัยแกนนำ)
- จัดทำฐานข้อมูลและระบบสืบค้นข้อมูล

5

Testing & Standard

แผนกลยุทธ์
ด้านโครงสร้างพื้นฐานและนโยบาย

กลยุทธ์

- การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและนโยบายรองรับการดำเนินงานเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมและบริการด้านเซนเซอร์
- ยกระดับและเพิ่มปริมาณศูนย์ทดสอบที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์ในประเทศ

มาตรการ/แผนปฏิบัติการ

- สนับสนุนให้เกิดศูนย์ประสานงานการทดสอบด้านผลิตภัณฑ์เซนเซอร์ที่เชื่อมโยงกับศูนย์เชี่ยวชาญการทดสอบที่มีอยู่ในประเทศไทย
- การสนับสนุนงบประมาณบางส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์นำร่อง/นโยบายตลาดภาครัฐเป็นตัวนำ (โดยเน้นเพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาของประเทศ เช่น การจราจร การบริหารจัดการระบบขนส่งสาธารณะอุบัติเหตุ ฯลฯ โดยมองเป็น integrated system มีทั้งส่วนที่รัฐลงทุนและผลิตภัณฑ์เอกชน)
- มาตรการส่งเสริมการผลิตของภาคอุตสาหกรรม เช่น มาตรการภาษีต่าง ๆ การสนับสนุนด้านการลงทุน
- มาตรการสนับสนุนตลาดทางอ้อม เช่น ปรับปรุงมาตรฐานด้านต่าง ๆ มาตรการภาษีสนับสนุนการขยายตลาด (ลดภาษีผู้บริโภค)

Products Roadmap

	ระยะสั้น [1-2 ปี]	ระยะกลาง-ยาว [มากกว่า 3 ปี]	เทคโนโลยี
	เซนเซอร์เพื่อตรวจวัดผลิตภัณฑ์อาหารส่งออกในระดับต้นน้ำถึงปลายน้ำ		Printed Electronics Sensor Micro Array RFID LAMP PCR ELISA:Ab:Ag IoT Metabolomic
	Pre-Screening สำหรับสินค้าเกษตร		
	เซนเซอร์เพื่อตรวจวัดผลิตภัณฑ์อาหารที่บริโภคภายในประเทศ		
	เซนเซอร์สำหรับระบบเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture)		
	ชุดตรวจวัดและติดตามสุขภาพด้วยตนเอง		Biosensor : electrochemical Biomarker LAMP PCR ELISA:Ab:Ag IoT& IT System
	ชุดตรวจที่มีความจำเพาะต่อโรคในภูมิภาค		
	อุปกรณ์ตรวจวัดและติดตามสุขภาพแบบสวมใส่ (Wearable Sensor)		
	เซนเซอร์ในระบบจราจรอัจฉริยะ		RFID GIS/GPS Localization MEMs (Micro Sensor) Wireless IoT
	เซนเซอร์ในอุปกรณ์เสริมหรืออุปกรณ์ตกแต่งเพิ่มเติมในรถยนต์		
	เซนเซอร์ในระบบในระบบติดตามด้านโลจิสติกส์		
	เซนเซอร์เพื่อเฝ้าระวังและดูแลสมาชิกในที่อยู่อาศัย (Home security&Homecare)	เซนเซอร์และระบบสำหรับ Smart Home/Smart City	Wireless Sensor Network IoT Chemical & Bio Sensor Chemical & Bio Sensor+Database System Advanced analysis
	ระบบตรวจวัดมลพิษ และการบริการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง		
	เซนเซอร์เพื่อการตรวจวัดและเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อม		

ตัวอย่างหน่วยงาน

Based:
Science and Applications of Chemical Sensors and Biosensors

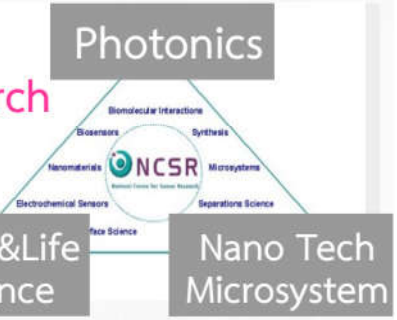
Focus:
Environmental
Biomedical
Fundamental Material, Separation Scicnce and Characteristics

ผู้เชี่ยวชาญ:
สหสาขาวิชา (ชีวภาพ เคมี ฟิสิกข์ ฟิสิกข์วัสดุ วิศวกรรม) นักวิจัย 200 คน

NCSR
National Centre for Sensor Research

National Centre for Sensor Research*

Focus Research



Infrastructure:
มีอาคาร NCSR เอื้อต่อการวิจัย

การบริหารจัดการ:
(1) ศูนย์กลยุทธ์และการพัฒนา
(2) ศูนย์ Commercialization และเครือข่ายยั่งยืน
(3) เครื่องมือ อุปกรณ์ เจ้าหน้าที่สนับสนุน
(4) งบประมาณ

ทุน/งบประมาณ:
เน้นหาทุนจากภายนอก (EU) ขอทุนแบบโครงการใหญ่ร่วมกันทำกับหน่วยงานอื่นๆ

ลักษณะการทำงาน:
เน้นเครือข่าย มี NCSR เป็นแกนกลาง หาเครือข่ายร่วมทำวิจัยโครงการใหญ่ [hosting large-scale projects]

*http://www.ncsr.ie/

ปัจจัยสู่ความสำเร็จ

มีองค์กรแกนนำ/
เจ้าภาพหลัก

กลไกบริหารเครือข่าย
ที่เข้มแข็งและยั่งยืน

การสนับสนุนนโยบาย
ที่เกี่ยวข้องต่อเนื่อง

กิจกรรมนำร่อง
และการขยายผล
ที่เห็นผลสำเร็จชัดเจน

TOPIC
Thai Organic & Printed Electronics
Innovation Center

สวทช
NSTDA

NECTEC
a member of NSTDA

ขอบคุณครับ