

ทฤษฎีการถ่ายทอดนวัตกรรมและ แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศไทย

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญมาก ศิริเนาวกุล

การศึกษาการถ่ายทอดนวัตกรรมทางเทคโนโลยีนั้นว่าสำคัญมาก เพราะกระบวนการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยีนั้น ก่อให้เกิดการพัฒนา ด้านการพัฒนาสินค้าและกระบวนการผลิตสินค้า ออกมาเพื่อตอบสนองสู่ตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นการสร้างเศรษฐกิจที่เข้มแข็งของ ประเทศได้อย่างถูกต้อง ซึ่งประธานาธิบดีแห่ง ประเทศสหรัฐอเมริกา จิมมี คาร์เตอร์ ได้กล่าวไว้ใน ปี 1980 เรื่อง American's Competitive Edge และ ปัจจุบันผลแห่งการคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ทาง เทคโนโลยีที่มีมากที่สุดในโลกปัจจุบันทำให้ประเทศ สหรัฐอเมริกามีเศรษฐกิจที่เข้มแข็งที่สุดในโลก

ทฤษฎีการถ่ายทอดนวัตกรรมนั้นได้มีการ ศึกษามานาน โดยยุคแรกนั้น Morrill ได้อธิบาย ปรัชญาการถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นเชิงคณิตศาสตร์ ใน 2 มิติ คือ เวลาและระยะทาง (Time and Space) ซึ่งเป็นสมการอนุพันธ์ชั้นเดียวในวารสาร วิจัยชื่อ Journal of Regional Science และ

Economic Geography ในปี 1968 และปี 1970 ตามลำดับชื่อ ลักษณะของการถ่ายทอดในมิติของ เวลาและระยะทาง (The Shape of Diffusion in Space and Time) ซึ่งมีลักษณะเป็นคลื่นเหมือนกับการโยนก้อนหินลงในน้ำและคลื่นน้ำที่กระจายออกมานั้นคือลักษณะปรากฏการณ์ที่ Morrill ได้อธิบาย ไว้ หลังจากนั้นก็มีนักวิจัยทั่วทุกมุมโลกได้อาศัย แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของ Morrill ไปอธิบาย ปรากฏการณ์การถ่ายทอดนวัตกรรมในทุกสาขา เช่น สังคมศาสตร์ การตลาด การนิเทศศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ภูมิศาสตร์ แพทย์ศาสตร์ ซึ่งใน สาขาแพทย์ศาสตร์นั้นได้ใช้สำหรับการอธิบายการ แพร่กระจายของเชื้อโรคชนิดใหม่จากประเทศหนึ่ง ไปสู่ประเทศอื่น ๆ ทั่วโลกได้อย่างไร ส่วนในทาง เศรษฐศาสตร์ก็อาศัยทฤษฎีและแบบจำลองเชิง คณิตศาสตร์อธิบายการถ่ายทอดและการแพร่ กระจายนวัตกรรมทางเทคโนโลยีเพื่อสร้างความเข้ม แข็งทางเศรษฐกิจ

Everett M. Rogers ซึ่งเป็นศาสตราจารย์ในมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้รวบรวมงานวิจัย เรื่อง การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Innovation Diffusion) จำนวนมากกว่า 5,000 ชิ้น ในทุกสาขา ได้อธิบายปรากฏการณ์การถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงสังคมศาสตร์ไว้ว่า การถ่ายทอดนวัตกรรมนั้นมีองค์ประกอบอยู่ 4 ส่วนคือ

1) นวัตกรรม (Innovation) ซึ่งคือ ความคิด การปฏิบัติหรือวัตถุ

2) ช่องทางการสื่อสาร (Communication Channels) คือกระบวนการส่งสารสนเทศจากบุคคลหนึ่งไปสู่บุคคลอื่น ๆ

3) เวลา (Time) ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการเกิดนวัตกรรมและกระบวนการตัดสินใจ เวลาที่ใช้ไปสำหรับนวัตกรรมหนึ่งจะได้รับการยอมรับจากบุคคลหรือกลุ่มบุคคล และอัตราความเร็วในการรับรู้วัตกรรมนั้น ๆ

4) ระบบสังคม (Social System) ซึ่งเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดนวัตกรรมนี้

ถึงแม้ศาสตราจารย์ Rogers สามารถอธิบายปรากฏการณ์การถ่ายทอดนวัตกรรมได้ชัดเจนในเชิงการบรรยาย แต่การอธิบายได้ด้วยเชิงคณิตศาสตร์ก็มีความจำเป็นมากในเชิงทฤษฎีแห่งการถ่ายทอดนวัตกรรม เพราะการสามารถสร้างตัวแปรจากสมการโดยแบบจำลองนั้น สามารถที่จะทำให้เห็นปรากฏการณ์ได้อย่างลึกซึ้งซึ่งมากกว่าโดยสามารถคำนวณเป็นตัวเลขในการทดลองและทดสอบที่ชัดเจนได้ และจะทำให้ความเข้าใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งกว่ามาก ในปี 1987 ดร.บุญมาก ศิริเนาวกุล ได้นำเสนอกฎแห่งฟิสิกส์โดยอาศัยสมการการแพร่

กระจายของโมเลกุลของฟัวซอง (Poisson's Eguotion) ซึ่งเป็นสมการอนุพันธ์กำลังสองเป็นครั้งแรก เพื่ออธิบายปรากฏการณ์การถ่ายทอดนวัตกรรมเชิงคณิตศาสตร์ ในวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกที่ Wichita State University สหรัฐอเมริกา การแพร่กระจายนวัตกรรมโดยอาศัยกฎการแพร่กระจายของโมเลกุลนี้ เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์การถ่ายทอดและแพร่กระจายนวัตกรรมทางเทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่งได้ทดสอบกับการแพร่กระจายตามภูมิศาสตร์ของนวัตกรรมด้านหุ่นยนต์ของประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1987 และ 1986 ได้ชัดเจนกว่าแบบจำลองของ Morrill มาก เพราะมีองค์ประกอบซึ่งเป็นตัวแปรหลักในสมการอนุพันธ์กำลังได้ถึง 3 ตัวแปร โดยที่แบบจำลองของ Morrill นั้นมีเพียงตัวแปรเดียวคือตามระยะทางและพื้นที่ (Space)

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวความคิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยอาศัยปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์มาอธิบายลักษณะการถ่ายทอดนวัตกรรมทางเทคโนโลยีในเชิงภูมิประเทศ พร้อมทั้งนำเสนอแนวคิดวิธีประยุกต์การใช้แบบจำลองนี้เพื่อนำเสนอสร้างนโยบายในการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย

แบบจำลองนี้ได้อธิบายปรากฏการณ์การถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยอาศัยองค์ประกอบซึ่งมี 3 ตัวแปรหลักคือ

1) ความสามารถในการถ่ายทอดนวัตกรรม (Innovation Diffusivity) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดเทคโนโลยี

2) ความสามารถในการรับรู้นวัตกรรมทางเทคโนโลยี (Innovation Absorptivity) ซึ่งเป็นระบบสังคมที่รับเทคโนโลยีนั้น

3) ช่วงเวลาในการถ่ายทอดนวัตกรรม (Time to Diffusion) ซึ่งเป็นระยะเวลาเริ่มจากการที่มีการคิดประดิษฐ์นวัตกรรมจนถึงการที่สังคมรับรู้นวัตกรรมทางเทคโนโลยีนั้น

แบบจำลองการแพร่กระจายนวัตกรรม

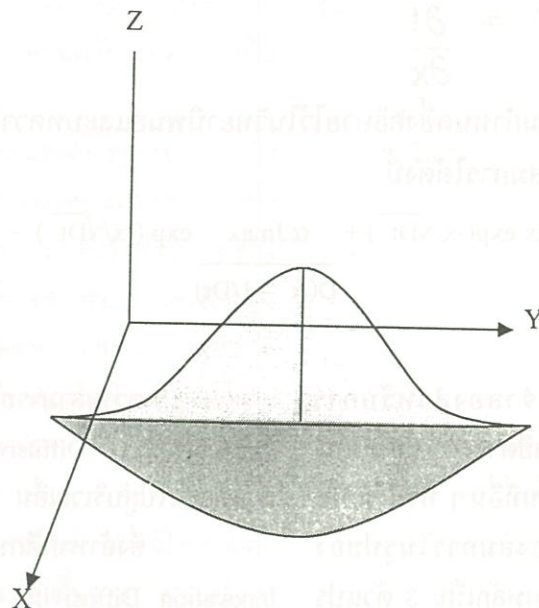
โดยอาศัยกฎฟิสิกส์

จากกฎแห่งฟิสิกส์ ซึ่งอธิบายการแพร่กระจายของโมเลกุลบริเวณที่มีความหนาแน่นมากกว่าไปสู่บริเวณที่มีโมเลกุลหนาแน่นน้อยกว่านั้นสามารถทำได้โดยอาศัยสมการการแพร่กระจายของฟัวซอง (Poisson's Diffusion Equation) ซึ่งเป็นสมการอนุพันธ์กำลังดั่งข้างล่าง

$$\nabla^2 F = -\delta \quad \text{หรือ} \quad \frac{\partial^2 F}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial Z^2} = -4\pi\delta$$

โดยที่ F ก็คือ ความหนาแน่นของนวัตกรรม

δ ก็คือ ปริมาณความหนาแน่นในการแพร่กระจายทั้งระบบ
ซึ่งสามารถเขียนเป็นรูปได้

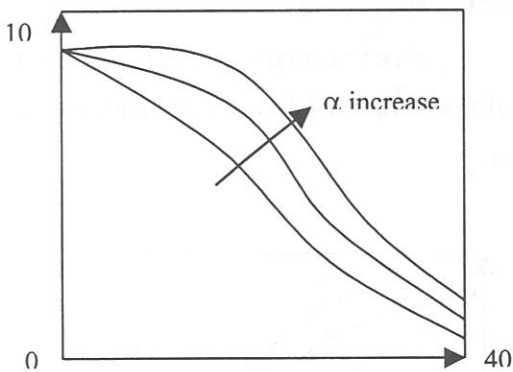


ลักษณะการแพร่กระจายของนวัตกรรมโดยอาศัยกฎการแพร่กระจายของฟัวซอง

ถ้าหากในระดับประเทศ ก็คือ หากรัฐบาล เพิ่มหน่วยงานการวิจัยค้นคว้าเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ ใหม่สู่ท้องตลาดจำนวนมากขึ้น ก็จะทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายทอดนวัตกรรมดีขึ้นมาก ในระดับ บุคคล หมายถึง การเพิ่มจำนวนนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักเทคโนโลยีในทุกสาขา เพื่อสร้างผลงาน การประดิษฐ์คิดค้น นวัตกรรมทางเทคโนโลยีให้ มากขึ้นก็จะทำให้ได้อัตราเร่งการถ่ายทอดไปสู่ระบบ สังคมได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2) ค่าความสามารถในการรับรู้นวัตกรรม มากขึ้นก็จะทำให้ระบบสังคมรับรู้นวัตกรรมใหม่ได้ รวดเร็วขึ้น ดังรูป

จำนวนผู้รับนวัตกรรม



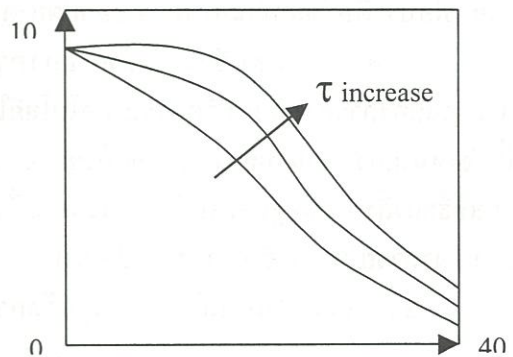
ปริมาณพื้นที่ผู้รับนวัตกรรม

เป็นที่ชัดเจนว่า ค่าความสามารถในการ ถ่ายทอดซึ่งถ้าหากความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับนวัตกรรม ต่าง ๆ มีมาก ก็จะทำให้ระบบสังคมนั้นได้รับการถ่าย ทอดเทคโนโลยีเร็วขึ้นมาก เช่น กรณีเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ต ถ้าหากพื้นฐานของการศึกษาด้วย คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตของบุคคลในระบบหรือ องค์กรนั้นดีมาก ก็จะรับรู้เทคโนโลยีได้เร็วขึ้น ซึ่งก็

หมายถึงการลงทุนด้านการศึกษาให้ตรงกับ นวัตกรรมมากก็จะทำให้กระบวนการถ่ายทอดได้ดี ขึ้นเท่านั้น

3) ช่วงเวลาในการถ่ายทอดนวัตกรรมยิ่ง นานก็ยิ่งจะทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพ เพราะเวลาสามารถสะสมในการเรียนรู้ เทคโนโลยีได้มากขึ้น และทำให้การถ่ายทอด นวัตกรรมเป็นไปอย่างทั่วถึงทั้งระบบดังรูป

จำนวนผู้รับนวัตกรรม



ปริมาณพื้นที่ผู้รับนวัตกรรม

ข้อเสนอการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย

แบบจำลองโดยใช้สมการดังกล่าวสามารถ สร้างดัชนีชีวิตเป็นตัวเลขเพื่อศึกษาถึงกลไกในการ ถ่ายทอดนวัตกรรมได้อย่างชัดเจน ซึ่งจากการแปร ค่าตัวแปรหลักเป็นหน่วยงานและบุคลากรดังกล่าว เพื่อการศึกษาเทคโนโลยีในระบบสังคมของประเทศ นั้นสามารถทำได้ ซึ่งกล่าวโดยสรุปรวมก็คือ

1. การเพิ่มค่า D - ความสามารถในการ ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยการที่รัฐบาลจัดสรรงบประมาณทางด้าน การค้นคว้าวิจัยและการพัฒนา ผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพให้กับหน่วยงาน การ ค้นคว้าวิจัยทุกแห่งทั้งของรัฐและเอกชน ก็จะทำให้

มีนวัตกรรมเกิดขึ้นจำนวนมาก เพื่อถ่ายทอดสู่ท้องตลาด ดัชนีชีวิตที่ชัดเจนมากที่สุดก็คือ งบประมาณที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของงบประมาณแผ่นดินที่ใช้ ถ้าหากมากขึ้นก็จะทำให้เกิดนวัตกรรมเหล่านี้มาก โอกาสเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาดก็จะมีจำนวนมาก

2. การเพิ่มค่าความสามารถในการรับรู้นวัตกรรมนั้น รัฐบาลสามารถพัฒนาในส่วนของการศึกษาด้านงบประมาณที่จัดสรรให้กับมหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน ที่เป็นสถาบันการศึกษาทั้งของรัฐและเอกชนทั่วทั้งประเทศ ทั้งนี้รวมถึงการจัดสรรงบประมาณเพื่อการศึกษา ฝึกฝนทักษะในทุกกระทรวง เช่น กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อผลิตบุคคลที่มีความรู้ความสามารถในการรับรู้เทคโนโลยีได้ดีในระบบสังคมประเทศ

กล่าวโดยสรุปจากการแปลงค่าตัวแปรหลักทั้ง D และ α โดยหยุดด้านเวลา t สำหรับเทคโนโลยีต่าง ๆ ในบริเวณประเทศไทย สามารถ

กระทำได้โดยรัฐบาลที่จะใช้มาตรการด้านงบประมาณการเงินและภาษี เพื่อกระตุ้นหน่วยงานด้านแหล่งค้นคว้าวิจัยให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ตามบริเวณที่พร้อม เช่น ในเมือง ให้ครอบคลุมทั่วภูมิภาคและจังหวัด ก็จะทำให้การกำเนิดเทคโนโลยีตามบริเวณเมืองทุกแห่งสามารถถ่ายทอดสู่ชนบทได้เร็วมากขึ้น

การให้งบประมาณด้านการศึกษา รวมทั้งมาตรการด้านภาษีสำหรับหน่วยงานการศึกษาของทั้งรัฐและเอกชนตามแนวโน้มและทิศทางของเทคโนโลยีเพื่อผลิตประชากรที่มีคุณภาพด้านความรู้ ความสามารถก็จะทำให้ค่าความสามารถในการรับรู้เทคโนโลยี (α) สูงขึ้น

นอกจากนี้การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับศักยภาพของประเทศโดยอาศัยทรัพยากรปัญญาทางเทคโนโลยีของที่ประชากรไทยมีอยู่แล้ว เช่น การเกษตร ก็จะทำให้กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และก็จะเป็นการเพิ่มความเข้มแข็งเศรษฐกิจของประเทศที่แท้จริง

บรรณานุกรม

- Alves, W.R. and R.L. Morrill, "Diffusion Theory and Planning" *Economic Geography*, Vol.51, No.3, July 1975.
- Mahajan, V., K.E. Haynes and K.C. Bal Kumar, "Modelling the Diffusion of Public Policy Innovations Among the U.S. States", *Socio-Economic Planning Science*, Vol.11, pp.259-263, 1977.
- Markowich, P., "A Mathematical Model for the Diffusion of Innovation", *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, Vol.SMC-11, No.7, July 1981.
- Morrill, R.L., "Waves of Spatial Diffusion", *Journal of Regional Science*, Vol.8, 1968.
- Morrill, R.L., "The Shape of Diffusion in Space and Time", *Economic Geography*, 1970.
- Sahal, D., "The Temporal and Spatial Aspects of Diffusion of Technology", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol.SMC-9, No.2, December 1979.
- Sirinaovakul, B., Z. czajkiewicz, "A Model for Spatial Diffusion of Advanced Manufacturing Technology", *Proceedings, First International Conference on Technology Management*, University of Miami, Florida, February 1988:
- Edited by T.M. Khalil and J.A. Endersoman, chapter 5, pp.291-301, *Special Publication of International Journal of Technology Management*, 1988.
- Sirinaovakul, B., Z. czajkiewicz, "Modelling a Spatial Diffusion of Innovations: A New Perspective", *Proceedings, 15th IASTED International Conference on Applied Simulation and Modeling*, May 1987, Santa Barbara, California, pp.14-18.
- Sirinaovakul, B., "A Descriptive Mathematical Model of Spatial Diffusion of an Innovation: A Case Study of the American Robotic Technology", *Ph.D. Dissertation, Wichita State University, Kansas, USA*, 1987.
- Smith, T.E., S.Song, "A Spatial Mixture Model of Innovation Diffusion", December 21, 2002, *University of Pennsylvania, Philadelphia, PA* 19104.