

การวิเคราะห์คาดการณ์รูปแบบการแพร่กระจายของเทคโนโลยี : กรณีศึกษาของเทคโนโลยี OLED

ภวัต ตันสุรัตน์¹ และ ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี²

มหาวิทยาลัยมหิดล 69 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10400

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีส่งผลกระทบต่อองค์กรที่เกี่ยวข้องอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การที่องค์กรใดจะอยู่รอดภายใต้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว องค์กรนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องมือในการวิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีเพื่อที่จะได้วางแผนรองรับ ประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้บริหารเทคโนโลยี (Technology Manager) คือการที่จะต้องคาดการณ์ให้ได้ว่าเทคโนโลยีใหม่จะแพร่เข้าสู่ตลาดเมื่อไหร่ และมีรูปแบบของการกระจายเข้าสู่ตลาดด้วยอัตราเร็วเพียงใด (Diffusion or Penetration Pattern) ซึ่งจะนำไปสู่การบริหารจัดการภายในองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเตรียมความพร้อมรองรับโอกาสทางธุรกิจที่จะเกิดขึ้น งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์คาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยี (Diffusion of Technology) โดยนำทฤษฎีของ Bass Model มาประยุกต์ใช้ผ่านกรณีศึกษาของเทคโนโลยีการแสดงผล Organic Light-Emitting Diode (OLED) ในอุปกรณ์พกพาขนาดกลางและขนาดเล็ก (Portable devices) โดยผลการวิจัยบ่งชี้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการยอมรับนวัตกรรม (Coefficient of Innovation; p) และค่าสัมประสิทธิ์ของการเลียนแบบนวัตกรรม (Coefficient of Imitation; q) จากผลิตภัณฑ์โทรศัพท์มือถือ (Cellular Telephone) สามารถนำมาใช้เพื่อคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยีจอแสดงผล OLED ได้ ผลการวิเคราะห์คาดการณ์ว่าการกระจายตัวของเทคโนโลยี OLED จะเริ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปในระหว่างปี 2005 - 2012 และกระจายเข้าสู่ตลาดอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปี 2012 - 2018

คำสำคัญ : Bass Model / การแพร่กระจายของเทคโนโลยี / เทคโนโลยีหน้าจอการแสดงผล / เทคโนโลยี OLED

* Corresponding Author : nathasit.ger@mahidol.ac.th

¹ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม วิทยาลัยการจัดการ

² รองศาสตราจารย์ สาขาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม วิทยาลัยการจัดการ

Forecasting of Diffusion Pattern : A Case Study of OLED Technology

Pawat Tansurat¹ and Nathasit Gerd Sri^{2*}

Mahidol University, 69 Vipawadee Rangsit Road, Samsennai, Phayathai District, Bangkok, Thailand 10400

Abstract

Technology changes create an enormous impact to any company. To survive in this situation, a company should have proper tools to analyze and forecast such technology changes. One critical issue for a technology manager is an ability to forecast adoption pattern (diffusion pattern) of an emerging technology. By doing so, the company would be able to effectively prepare itself, both for the technology changes as well as new upcoming opportunities. This paper presents an analytical process to forecast the diffusion pattern of Organic Light-Emitting Diode (OLED) display technology in portable devices by applying the Bass Model. The result indicates that the coefficient of innovation (p) and coefficient of imitation (q) derived from the cellular telephone products can be used to predict the diffusion pattern of the OLED display technology in portable devices. The result indeed shows that the diffusion of OLED in portable devices proceeds gradually from 2005 to 2012 and has significantly penetrated the market from 2012 to 2018.

Keywords : Bass Model / Diffusion of Technology / Display Technology / OLED Technology

* Corresponding Author : nathasit.ger@mahidol.ac.th

¹ Ph.D. Student in Strategic, Innovation and Entrepreneurship Management Program, College of Management.

² Associate Professor, Faculty of Strategic, Innovation and Entrepreneurship Management Program, College of Management.

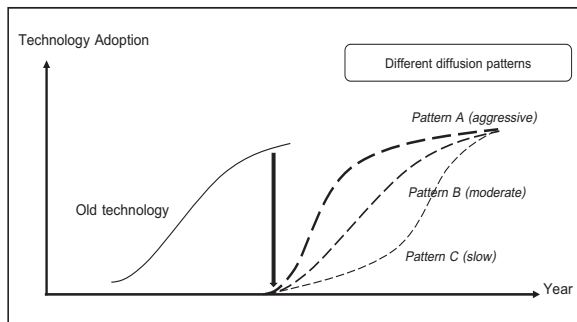
1. บทนำ

ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราเร่งกว่าในอดีต นำมาซึ่งการมีสินค้าและบริการใหม่ๆ เข้าสู่ตลาดมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับองค์กรที่จะมีเครื่องมือที่เหมาะสมเพื่อช่วยคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยีใหม่ในอนาคตได้ ประเด็นนี้มีความสำคัญเนื่องจากการวางแผนรับมือการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่ไม่มีประสิทธิภาพอาจส่งผลทำให้มีการลงทุนเกินความจำเป็น (Over Investment) หรืออาจทำให้ลงทุนน้อยเกินไป (Under Investment) ส่งผลให้เสียโอกาสที่จะเติบโตไปพร้อมกับการเกิดขึ้นของเทคโนโลยีใหม่ และท้ายที่สุดอาจนำมาซึ่งความล้มเหลวทางธุรกิจของบริษัทได้ โดย Nawaz และ Kabir [1] และ Powell และคณะ[2] ได้อธิบายถึงความสำคัญดังกล่าวโดยสังเขปดังนี้

“The accuracy of forecasts regarding technology substitution of new products of techniques for old is becoming more and more critical for minimizing the risk of the prohibitive cost of error in decision-making” [1].

“The adoption of a new development technology (tool, process or lifecycle) is a risky endeavor. This is particularly so where the consequences of failure are high, such as in the development of safety critical software. Here, a poor technology decision can lead to substantial corrective costs, late delivery, or even failure of the end product” [2].

ดังนั้น สิ่งที่ควรตระหนักในฐานะนักบริหารเทคโนโลยี คือ การคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยีใหม่ (Diffusion of Technology) ว่ามีรูปแบบของการแพร่กระจายอย่างไร (Diffusion Pattern) แพร่กระจายรวดเร็วเพียงใด (Aggressive, Moderate หรือ Slow) ซึ่งสามารถอธิบายได้ตาม รูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบการกระจายตัวของเทคโนโลยีใหม่

งานวิจัยเกี่ยวกับการคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยีนั้นได้มีการศึกษาและนำเสนออย่างต่อเนื่องตั้งแต่ประมาณปี 1960 ซึ่ง Fourtand และ Woodlock (1960), Mansfield (1961), Floyd (1962), Rogers (1962), Chow (1967) และ Bass (1969) ถือได้ว่าเป็นกลุ่มผู้ที่ได้ริเริ่มงานวิจัยทางด้านนี้ ตามข้อมูลจาก ISI Web of Science ในปี 2005 จำนวนการอ้างอิงผลงานของนักวิจัยที่กล่าวมานี้ [3] แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนการอ้างอิงผลงานของนักวิจัย [3]

ผู้ทำการวิจัย	จำนวนการอ้างอิงผลงาน
Fourtand และ Woodlock (1960)	119
Mansfield (1961)	428
Floyd (1962)	10
Rogers (1962)	988
Chow (1967)	58
Bass (1969)	582

เมื่อพิจารณาจากจำนวนของการอ้างอิงผลงาน จะเห็นได้ว่าวิธีการของ Fourtand และ Woodlock, Mansfield, Rogers และ Bass ได้รับการอ้างอิงค่อนข้างมาก (มากกว่า 100 ครั้ง)

โดยวิธีการของ Fourtand และ Woodlock อยู่บนสมมุติฐานว่า กระบวนการแพร่กระจายของเทคโนโลยีนั้นได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอก (การติดต่อสื่อสารผ่านสื่อมวลชน) เพียงอย่างเดียว ในทางตรงกันข้าม Mansfield

มีสมมติฐานว่า กระบวนการแพร่กระจายของเทคโนโลยีนั้นได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายใน (การติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคล) เพียงอย่างเดียว ส่วน Bass นั้นได้รวมทั้ง 2 สมมติฐานเข้าด้วยกันเพื่อทำการคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยี ทำให้การคาดการณ์สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น [31] สำหรับงานของ Rogers นั้น เน้นไปที่การอธิบายทฤษฎีกระบวนการแพร่กระจายของเทคโนโลยีว่ามีตัวแปรหรือองค์ประกอบหลักอย่างไร ไม่ได้เน้นไปที่การคาดการณ์โดยใช้โมเดล ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จะนำทฤษฎีของ Bass มาประยุกต์ใช้กับการศึกษาที่จะกล่าวในส่วนถัดไป

ทฤษฎีของ Bass หรือ Bass Model ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในเพื่ออธิบายการแพร่กระจายของเทคโนโลยี โมเดลนี้เป็นที่ยอมรับจากการวิจัยเชิงประจักษ์ (Empirical Research) ซึ่งปรากฏว่ามีค่าสหสัมพันธ์สูง (High Correlation) เมื่อนำรูปแบบการกระจายตัวของ Bass Model มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่เกิดขึ้น ตัวอย่างของการนำ Bass Model มาประยุกต์ใช้ อาทิเช่น การคาดการณ์การแพร่กระจายของ Large-screen TV ในประเทศเกาหลีใต้เมื่อปี 2004 ซึ่งผลการวิจัยบ่งชี้ว่า ยอดขายของ Large-screen TV จะเริ่มเพิ่มขึ้นปี 2005 และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปี 2009-2010 (Growth Phase) และท้ายที่สุดจะเข้าสู่ช่วงอิ่มตัว (Saturation Phase) ประมาณปี 2015 เป็นต้นไป [4]

นอกจากนี้ในปี 2007 ได้มีการนำ Bass Model มาใช้ร่วมกับวิธี Bibliometric Analysis เพื่อคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) ในตลาดค้าปลีกประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งผลการวิจัยบ่งชี้ว่า การยอมรับเทคโนโลยี RFID นั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไประหว่างปี 2005-2017 และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปี 2018-2029 หลังจากนั้นจะเข้าสู่ช่วงอิ่มตัวในปี 2030 เป็นต้นไป [5]

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยีจอแสดงผล OLED งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีของ Bass Model โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนวรรณกรรมเพื่อรวบรวมข้อมูล

ทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ Bass Model [3, 6-19] ของเทคโนโลยีต่างๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับเทคโนโลยีการแสดงผล (Display Technology) เช่น LCD (Liquid Crystal Display) และ OLED (Organic Light Emitting Diodes) จากหนังสือทางวิชาการ บทความ วิทยานิพนธ์ และรายงานที่เกี่ยวข้อง

โดยที่เทคโนโลยีที่มีความคล้ายคลึงกัน (Analogous Product) หมายถึง เทคโนโลยีที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกัน อยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เดียวกัน (Product Category)

ขั้นตอนที่ 2 เก็บข้อมูลสำหรับการสร้าง Bass Model เช่น จำนวนการครอบครองมีถือนับแบบพกพาที่คาดการณ์ในอนาคต (m) ค่าสัมประสิทธิ์ของการยอมรับนวัตกรรม (The Coefficient of Innovation; p) และค่าตัวประสิทธิ์ของการเลียนแบบนวัตกรรม (The Coefficient of Imitation; q) ที่เหมาะสม [20-24] หากมีเทคโนโลยีที่คล้ายคลึงกันมากกว่า 1 เทคโนโลยี อาจเลือกเทคโนโลยีที่ใกล้เคียงกับเทคโนโลยีที่จะคาดการณ์มากที่สุด หรือ อาจใช้การกระจายน้ำหนัก (weight) ค่า p และ q โดยอิงจากความคล้ายคลึงของเทคโนโลยีเหล่านั้นเพื่อที่จะได้ค่า p และ q ที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลจาก Bass Model เพื่อการคาดการณ์แนวโน้มการแพร่กระจายของเทคโนโลยี โดยเริ่มวิเคราะห์ตั้งแต่ช่วงที่มีการนำ OLED ออกสู่ตลาด ซึ่งสามารถหาข้อมูลได้จากฐานข้อมูลต่างๆ

ขั้นตอนที่ 4 ยืนยันความเหมาะสมของ Bass Model ด้วยการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงและหาค่าความคลาดเคลื่อนของการคาดการณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute percent error, MAPE)

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลและนำเสนอผลการวิจัย

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จากที่ได้กล่าวมา Bass Model เป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับสากล โมเดลนี้

สามารถใช้คาดการณ์รูปแบบการแพร่กระจายของสินค้าเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมในอนาคตว่ามีอัตราเร็วเพียงใด โดยมีสมการที่ใช้ในการสร้างรูปแบบการแพร่กระจายตัว (Diffusion Pattern) ดังนี้

$$S(t) = [p + (\frac{q}{m})(N(t-1))][m - N(t-1)] \quad (1)$$

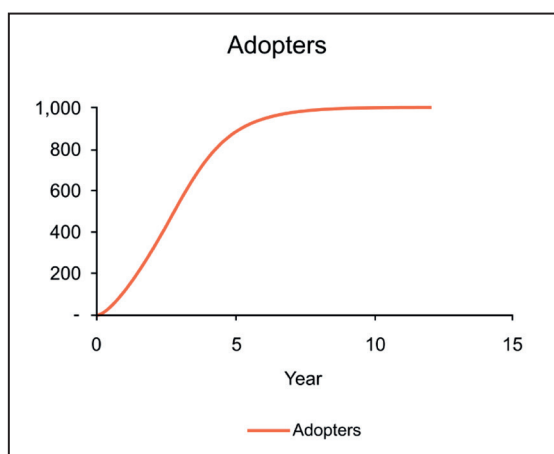
โดย $S(t)$ = จำนวนของประชากรที่ยอมรับเทคโนโลยีในช่วงเวลา t

$N(t-1)$ = จำนวนสะสมของประชากร (Cumulative Number) ที่ยอมรับเทคโนโลยีใหม่ตั้งแต่เวลาเริ่มแรก

p = ค่าตัวประสิทธิ์ของการยอมรับนวัตกรรม (The Coefficient of Innovation)

q = ค่าตัวประสิทธิ์ของการเลียนแบบนวัตกรรม (The Coefficient of Imitation)

m = ขนาดของตลาดที่คาดว่าจะไปได้ไปในอนาคต



รูปที่ 2 จำนวนสะสมของประชากร (Cumulative Number) ที่ยอมรับเทคโนโลยีใหม่ [10]

การวิเคราะห์การยอมรับของเทคโนโลยี (Adoption Pattern) หรือเรียกอีกนัยหนึ่งคือ รูปแบบของการแพร่กระจายตัวของเทคโนโลยี (Diffusion Pattern) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยสามารถสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

1. หาค่าตัวประสิทธิ์ p และค่าตัวประสิทธิ์ q ซึ่งใช้ค่าของเทคโนโลยีที่มีความคล้ายคลึงกันในอดีตมาเทียบเคียง (Analogous Product)

2. หาค่า m จากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ
3. กำหนดค่า p , q และ m ในสมการของ Bass (สมการที่ 1)

4. สมการจะสร้างกราฟเส้นที่แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการแพร่กระจายของเทคโนโลยี พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่บ้างอยู่บางส่วนเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์

งานวิจัยของ Bass ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ต่างๆ และท้ายที่สุดนำมาซึ่ง ค่า p และ q ของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3 [25] ยกตัวอย่างเช่น Cable Television มีค่า p และ q เท่ากับ 0.080 และ 0.167 ตามลำดับ โดยใช้ค่า m เป็น 60.8 ล้านหน่วย

Product/Technology	Period of Analysis	p	q	m
<i>Consumer Electronics</i>				
Cable television	1981-1991	.080	.167	60.8
Calculators	1973-1979	.143	.520	100.0
Camcorder	1986-1996	.044	.304	30.5
CD player	1986-1996	.055	.378	29.6
Cellular telephone	1986-1996	.008	.421	45.1
Cordless telephone	1984-1994	.000	.438	54.0
Electric toothbrush	1991-1996	.110	.548	14.8
Home PC (millions of units)	1982-1988	.121	.281	25.8
Radio	1922-1933	.028	.422	100.0
Telephone answering device	1984-1994	.019	.481	63.4
Television, black and white	1949-1959	.100	.353	90.1
Television, color	1965-1975	.058	.168	97.1
VCR	1981-1991	.011	.832	67.5

รูปที่ 3 ค่า p , q และ m ของผลิตภัณฑ์ต่างๆ [25]

ความหมายของค่าตัวประสิทธิ์ p และ q และความแตกต่างของค่าตัวประสิทธิ์สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ความหมายของค่าตัวประสิทธิ์ของการยอมรับนวัตกรรม (The Coefficient of Innovation, p)

ค่าตัวประสิทธิ์ p คือ ค่าที่แสดงถึงการยอมรับนวัตกรรมของผู้ซื้อตั้งแต่แรกเริ่มที่นวัตกรรมออกมาสู่ตลาด โดยหากค่า p มีค่ามากแสดงว่ามีการตอบรับนวัตกรรมอย่างรวดเร็วจากผู้ซื้อตั้งแต่ช่วงแรก ในทางตรงกันข้าม หากค่า p มีค่าน้อยแสดงว่านวัตกรรมนั้นยังไม่ได้รับการตอบรับมากนักในช่วงแรก

2. ความหมายของค่าตัวประสิทธิ์ของการเลียนแบบนวัตกรรม (The Coefficient of Imitation, q)

ค่าตัวประสิทธิ์ q คือค่าที่แสดงถึงการเลียนแบบการซื้อนวัตกรรมของผู้ซื้อรายใหม่โดยอ้างอิงจากผู้ซื้อรายเก่า หากค่า q มีค่ามากแสดงว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป

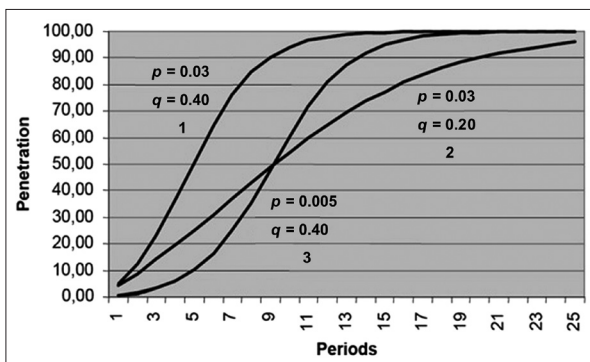
ช่วงหนึ่งจะมีการเลียนแบบนวัตกรรมมาก แต่หากหากค่า q มีค่าน้อยแสดงว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งแล้ว นวัตกรรมนั้นก็ยังไม่ได้รับการตอบรับมากนักจากกลุ่มผู้ซื้อ กลุ่มใหม่

3. ความแตกต่างกันของค่าตัวประสิทธิ์ของการยอมรับนวัตกรรม (The Coefficient of Innovation, p)

ความแตกต่างของค่า p สามารถอธิบายออกมา ในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4 โดยกราฟที่ 1 และ 3 มีค่า q เหมือนกัน (0.40) แต่มีค่า p ที่แตกต่างกัน (กราฟที่ 1 มีค่า $p = 0.03$ ส่วนกราฟที่ 3 มีค่า $p = 0.005$) ส่งผลให้ความชันของกราฟที่ 1 จะสูงขึ้นตั้งแต่เริ่มแรก ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเทคโนโลยีตามกราฟที่ 1 จะกระจายเข้าสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็วตั้งแต่ช่วงแรกและเร็วกว่าเทคโนโลยีในกราฟที่ 3

4. ความแตกต่างกันของค่าตัวประสิทธิ์ของการเลียนแบบนวัตกรรม (The Coefficient of Imitation, q)

ความแตกต่างของค่า q สามารถอธิบายออกมา ในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4 โดยกราฟที่ 1 และ 2 มีค่า p เท่ากัน (0.03) แต่มีค่า q ที่ต่างกัน (กราฟที่ 1 มีค่า $q = 0.40$ ส่วนกราฟที่ 2 ซึ่งมีค่า $q = 0.20$) เมื่อพิจารณาที่กราฟจะเห็นว่า แม้ว่าช่วงแรกจะมีความชันของกราฟใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปความชันของกราฟที่ 1 จะชันกว่ากราฟที่ 2 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง เทคโนโลยีตามกราฟที่ 1 จะกระจายเข้าสู่ตลาดได้รวดเร็วกว่าเทคโนโลยีในกราฟที่ 2



รูปที่ 4 ความแตกต่างของรูปแบบการกระจายตัวของเทคโนโลยี อันเนื่องมาจากค่า p และ q ที่ต่างกัน [24]

2.3 เทคโนโลยีที่นำมาเป็นกรณีศึกษา

ในงานวิจัยนี้ ทางทีมวิจัยทำการคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยี OLED (Organic Light Emitting Diodes) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการแสดงผลรูปแบบใหม่ที่กำลังมาแทนที่เทคโนโลยี LCD (Liquid Crystal Display) โดยในปัจจุบัน เทคโนโลยี OLED ถูกนำมาใช้กับอุปกรณ์ชนิดพกพาต่างๆ เช่น Smartphone, Tablet และอื่นๆ ซึ่งคาดว่าจะมีการใช้เทคโนโลยี OLED มากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากคุณภาพที่เหนือกว่า LCD ดังแสดงในรูปที่ 5 [29]



รูปที่ 5 ความแตกต่างของคุณภาพหน้าจอแสดงผลแบบ LCD และ OLED [29]

3. วิธีวิเคราะห์คาดการณ์การกระจายตัวของเทคโนโลยี

ในการสร้าง Bass Model นั้น มีค่าตัวประสิทธิ์ 3 ค่าที่จำเป็นต้องทราบ คือ p , q และ m ซึ่งโดยปกติแล้วค่า p และ q สามารถนำค่าจากเทคโนโลยีที่มีความคล้ายคลึงกันในอดีตมาเทียบเคียง (Analogous Product) ยกตัวอย่างเช่น การนำค่าตัวประสิทธิ์ p และ q ของ

เทคโนโลยี Barcode มาใช้ในการคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยี RFID [5] ดังนั้น ในการคาดการณ์เทคโนโลยี OLED ทางผู้วิจัยจึงใช้ค่าตัวประสิทธิ์ของ LCD มาเทียบเคียง

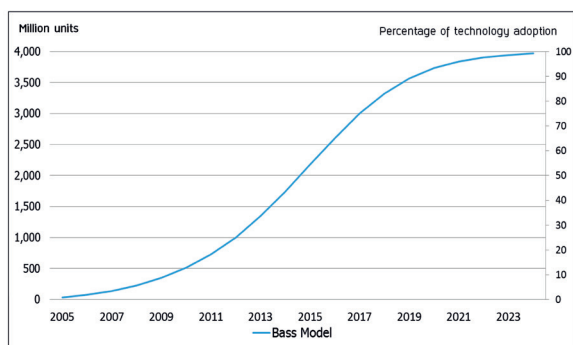
เนื่องจากเทคโนโลยี LCD สำหรับจอแสดงผลขนาดเล็กนั้นถูกนำไปใช้ในโทรศัพท์มือถือ (Cellular Telephone) เป็นหลัก [26] ทางผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าตัวประสิทธิ์ p และ q ของโทรศัพท์มือถือ (Cellular Telephone) เพื่อนำมาใช้ในการคาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยี OLED โดยที่ได้ค่า p และ q คือ 0.008 และ 0.421 ตามลำดับ [25]

จากการศึกษาของ B. Evans ได้คาดการณ์ว่าในปี 2017 จะมีการถือครอง Smartphone และ Tablet จะอยู่ที่ประมาณ 4,000 ล้านเครื่องทั่วโลก ดังนั้น ค่าตัวประสิทธิ์ m จึงเท่ากับ 4,000 ล้านหน่วย [27] และหลังจากนำค่าตัวประสิทธิ์ทั้ง 3 มาแทนลงในสมการที่ 1 แล้ว ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 6 โดยมีการแทนค่าลงสมการดังนี้

$$S(t) = [p + (\frac{q}{m})(N(t-1))][m - N(t-1)]$$

แทนค่า $p = 0.008$; $q = 0.421$; $m = 4,000$ ล้านหน่วย ในสมการ

$$S(t) = [0.008 + (\frac{0.421}{4 \times 10^9})(N(t-1))][4 \times 10^9 - N(t-1)]$$



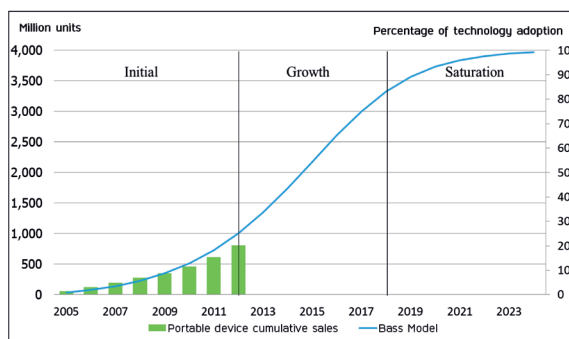
รูปที่ 6 รูปแบบการแพร่กระจายของเทคโนโลยี OLED ในอุปกรณ์มือถือพกพา (Portable Devices)

ผลของการคาดการณ์รูปแบบการแพร่กระจายของเทคโนโลยี OLED แสดงในรูปที่ 6 โดยในช่วงเริ่มแรก (Initial Phase) การแพร่จะเกิดขึ้นอย่างเป็นค่อยไปซึ่งเป็นช่วงระหว่างปี 2005-2012 และหลังจากนั้นจะเข้าสู่ช่วงที่มีการแพร่กระจายของเทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญ (Growth Phase) และในที่สุดจะเข้าสู่ช่วงอิ่มตัว (Saturation Phase) ตั้งแต่ปี 2018 เป็นต้นไป

อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะยืนยันว่า ค่า p , q และ m ที่นำมาใช้มีความเหมาะสม จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงเบื้องต้นของยอดขายสะสม PMOLED และ AMOLED ที่ใช้อยู่ในอุปกรณ์มือถือพกพากลางและขนาดเล็ก [28] ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ยอดขายของ PMOLED และ AMOLED ขนาดกลาง/ขนาดเล็ก ในช่วงปี 2005-2012 [28]

ปี	PMOLED (ล้านหน่วย)	AMOLED (ล้านหน่วย)	ยอดขาย (ล้านหน่วย)	ยอดขาย สะสม (ล้านหน่วย)
2005	55	-	55	55
2006	69.2	0.6	69.8	124.8
2007	70.9	2.6	73.5	198.3
2008	68.9	7.1	76	274.3
2009	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	79.7	354
2010	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	111	465
2011	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	152	617
2012	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	191	808



รูปที่ 7 รูปแบบการแพร่กระจายของเทคโนโลยี OLED ในอุปกรณ์มือถือพกพา (กราฟเส้น) เทียบกับข้อมูลจริง (กราฟแท่ง)

เมื่อนำข้อมูลจริงกับผลการคาดการณ์จาก Bass Model มาเปรียบเทียบกับแสดงในรูปที่ 7 จะเห็นว่า ข้อมูลทั้งสองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและเส้นกราฟ อยู่ในแนวเดียวกับข้อมูลจริงในแต่ละปี และเมื่อคำนวณหา ค่าความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์แล้ว ได้ค่า MAPE เท่ากับ 30.1% หมายความว่า Model นี้มีความแม่นยำ ในการคาดการณ์ประมาณ 70% ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการแพร่กระจายของเทคโนโลยี OLED โดยใช้ ค่าตัวประสิทธิ์ p และ q จาก Cellular Telephone นั้นมีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง เนื่องจากในความเป็นจริง มีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี เช่น การ ทำกิจกรรมทางการตลาด ซึ่งจะกระตุ้นให้ผู้บริโภครับเอา เทคโนโลยีมาใช้เร็วขึ้น หรือในทางตรงกันข้าม การชะลอ ของเศรษฐกิจจะทำให้ผู้บริโภคชะลอการรับเอาเทคโนโลยี มาใช้เช่นเดียวกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดความ คลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลคาดการณ์และข้อมูลจริง

ผลงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ในช่วงที่มีการแพร่ กระจายของเทคโนโลยี OLED อย่างค่อยเป็นค่อยไป (Initial Phase) คือ ระหว่างปี 2005 - 2012 และจะมีการ แพร่กระจายของเทคโนโลยีอย่างมากในปี 2012 - 2018 (Growth Phase) และในที่สุดจะเข้าสู่ช่วงอิ่มตัวของตลาด ประมาณปี 2018 เป็นต้นไป

4. อภิปรายผลการวิเคราะห์คาดการณ์การกระจาย ตัวของเทคโนโลยี OLED

จากผลการวิจัยจะเห็นว่า การใช้ค่าสัมประสิทธิ์ p , q ของ Cellular Telephone นั้นมีความเหมาะสมเพื่อ ที่จะใช้ในการคาดการณ์เทคโนโลยี OLED ในอุปกรณ์ Smartphone และ Tablet ในอนาคต ซึ่งสามารถ วิเคราะห์รูปแบบการกระจายของเทคโนโลยี (Diffusion Pattern) ได้ดังนี้

รูปแบบการกระจายของเทคโนโลยี OLED นั้นสามารถ แบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ

1. Initial Phase (ปี 2005-2012) คือ ช่วงที่ เทคโนโลยี OLED กระจายเข้าสู่ตลาดอย่างค่อยเป็น ค่อยไป ซึ่งในช่วงนี้ การตอบรับของตลาด (Market Adaption) เกิดขึ้นเพียง 20 % เท่านั้น ในฐานะองค์กร

หนึ่งๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีจอแสดงผล ช่วง Initial Phase นี้ถือเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับ การเตรียมพร้อมในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการเงินและ การลงทุน การรับบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในเทคโนโลยี OLED เพื่อเป็นที่ปรึกษา โดยปีที่มีความเหมาะสม ที่สุดในการลงทุน คือ ประมาณปี 2009 เนื่องจากเหตุผล หลักๆ 2 ประการ คือ

a. ประการแรก การลงทุนในช่วงก่อนหน้านี้นจะเป็น การลงทุนที่ยังไม่เห็นผลมากนัก เนื่องจากตลาดยังใช้เวลา อีกหลายปีเพื่อที่จะเกิดการยอมรับเทคโนโลยี (Market Adoption) ทำให้อาจไม่คุ้มค่าในการลงทุน

b. ประการที่สอง เนื่องจากการลงทุนนั้นจะต้อง มีการเตรียมพร้อมในด้านต่างๆ ล่วงหน้าเป็นระยะเวลา ประมาณ 2-3 ปี ซึ่งจากรูปแบบการกระจายตัวของ OLED จะเห็นได้ว่า ปีที่ตลาดเริ่มตอบรับเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว นั้น คือประมาณปี 2012 ดังนั้น การลงทุนประมาณปี 2009 จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด

2. Growth Phase (ปี 2012-2018) คือ ช่วงที่ เทคโนโลยี OLED เข้าสู่ตลาดอย่างรวดเร็ว ในช่วงนี้ ผู้บริโภคส่วนมากเริ่มยอมรับเทคโนโลยี OLED มากขึ้น และมีแนวโน้มยอมรับเทคโนโลยีนี้มาอย่างรวดเร็วในปี 2015 โดย ณ เวลานั้นจะมีการใช้เทคโนโลยีนี้ในตลาด ประมาณ 50% ดังนั้นหากมีการลงทุน มีการเตรียมความ พร้อมขององค์กรในช่วงปี 2009 ก็จะทำให้องค์กรสามารถ ที่จะตอบสนองความต้องการของเทคโนโลยี OLED นี้ได้ อย่างทันทั่วถึงและซึ่งคาดว่าจะช่วงให้องค์กรสามารถ ครอบครองส่วนแบ่งทางการตลาดได้อย่างดีที่สุด

3. Saturation Phase (ปี 2018 เป็นต้นไป) คือ ช่วงที่เทคโนโลยี OLED เกิดการอิ่มตัวในตลาด การใช้ เทคโนโลยี OLED คาดการณ์ว่าจะคิดเป็นประมาณ 80% การแข่งขันในช่วงนี้จะเป็นการแข่งขันในเรื่องของราคา เป็นส่วนมาก (Price War) ซึ่งการลงทุนใดๆ ที่เกิดขึ้น ในช่วงปี 2013-2014 เป็นต้นไป อาจเรียกได้ว่าเป็นการ ลงทุนที่ช้าเกินไป เพราะเหลือส่วนแบ่งการตลาดไม่ถึงครึ่ง หนึ่ง อีกทั้งยังเป็นช่วงที่มีการแข่งขันด้านราคาอย่างหนัก ทำให้การลงทุนที่เกิดขึ้นไม่คุ้มค่าเท่าที่ควร และอาจส่งผล ให้ขาดทุนหนักจากการลงทุนครั้งนี้อีกด้วย

5. การประยุกต์ใช้ผลการวิเคราะห์คาดการณ์การกระจายตัวของเทคโนโลยี OLED สำหรับองค์กรต่างๆ

ผลการคาดการณ์การกระจายตัวของเทคโนโลยี OLED โดยใช้ Bass Model นั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับทั้งองค์กรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี OLED โดยตรง อาทิ บริษัทที่ผลิตหน้าจอแสดงผล บริษัทที่ผลิตชิ้นส่วนของมือถือ ฯลฯ และองค์กรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีโดยอ้อม เช่น บริษัทที่ผลิตอุปกรณ์เสริมต่างๆ (Gadgets and Accessories) โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การประยุกต์ใช้สำหรับองค์กรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีโดยตรง

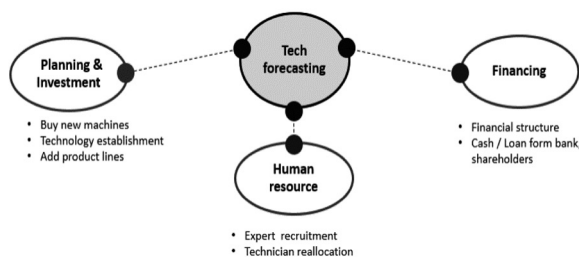
การคาดการณ์รูปแบบการกระจายตัวของเทคโนโลยีจะนำไปสู่การเตรียมความพร้อมขององค์กรในมิติต่างๆ ยกตัวอย่าง เช่น บริษัทที่ผลิตหน้าจอแสดงผลในอดีตนั้น บริษัท A ผลิตหน้าจอด้วยเทคโนโลยี LCD ซึ่งเมื่อทราบแล้วว่าเทคโนโลยี OLED กำลังจะมาแทนที่ ประกอบกับการที่บริษัททราบถึงรูปแบบการกระจายตัวของเทคโนโลยี OLED จาก Bass Model จะทำให้บริษัท A สามารถวางแผนภายในของบริษัทเพื่อปรับการผลิตจากหน้าจอแสดงผลแบบ LCD มาเป็น OLED ซึ่งการทราบถึงรูปแบบการกระจายตัวของเทคโนโลยี OLED จะนำไปสู่การเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 8 เช่น

1. ฝ่าย Planning & Investment ต้องมีการเตรียมซื้อเครื่องมือหรือเครื่องจักรใหม่ๆ เพื่อรองรับเทคโนโลยี OLED อาจมีการเพิ่มสายการผลิต (Product Line) เพื่อเป็น Pilot Project สำหรับการจำหน่ายแสดงผลแบบ OLED ในอนาคต

2. ฝ่าย Human Resource ต้องมีการเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี OLED เข้ามาเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับ OLED ตลอดจนให้ข้อมูลเชิงลึกแก่ฝ่ายผลิต นอกจากนั้น อาจต้องมีการจัดสรรวิศวกร บุคลากรทางเทคนิคบางส่วนเพื่อทดลองทำ Pilot Project

3. ฝ่าย Finance ต้องมีการทบทวนโครงสร้างทางการเงินของบริษัทว่า การลงทุนที่จะเกิดขึ้นนั้นจะสามารถใช้เงินมาจากช่องทางไหนบ้าง เพื่อให้เหมาะสมกับ

ศักยภาพของบริษัทและสามารถตอบสนองกับโอกาสทางธุรกิจที่จะเกิดขึ้นได้อย่างดีที่สุด



รูปที่ 8 การวางแผนงานในมิติต่างๆ อันเนื่องมาจากการคาดการณ์เทคโนโลยี

จะเห็นว่า Bass Model เป็นเครื่องมือที่ช่วยนำทางว่า องค์กรควรวางแผนเตรียมความพร้อมและตัดสินใจกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตอย่างไร หากองค์กรตัดสินใจโดยที่ละเลยการคาดการณ์เทคโนโลยี ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอาจทำให้องค์กรนั้นๆ เสียโอกาสทางธุรกิจให้กับคู่แข่ง และเกิดผลเสียหายแก่องค์กรในภายหลังได้ ยกตัวอย่างเช่น

หากองค์กรตัดสินใจลงทุนในเทคโนโลยี OLED “เร็วเกินไป” เช่น ลงทุนในปี 2005 โดยหวังว่าเทคโนโลยีนี้จะกระจายเข้าสู่ตลาดอย่างรวดเร็วแน่นอน สิ่งที่เกิดขึ้นคือการลงทุนนี้ต้องรอเวลากว่า 6-7 ปีกว่าตลาดจะเริ่มรับเอาเทคโนโลยีนี้ไปใช้อย่างเต็มที่ นั่นหมายความว่า การลงทุนในครั้งนั้นอาจเป็นการลงทุนที่เกินความจำเป็นและใช้เงินลงทุนได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ อีกนัยหนึ่งก็คือ องค์กรมีการตัดสินใจลงทุนที่ผิดพลาด

ในทางกลับกัน หากองค์กรตัดสินใจลงทุน “ช้าเกินไป” เช่น รอให้เทคโนโลยีนี้เข้าสู่ตลาดไปเรื่อยๆ แล้วเริ่มลงทุนในเทคโนโลยีนี้ในช่วงปี 2015 ซึ่ง การลงทุนที่เกิดขึ้นอาจไม่คุ้มค่าเช่นเดียวกัน เนื่องจาก ณ เวลานั้นเหลือส่วนแบ่งการตลาดอีกประมาณ 50% ซึ่งกว่าที่องค์กรจะได้ทำการตลาดจริงอาจเป็นช่วงปี 2017 ซึ่งก็เป็นช่วงท้ายของ Growth Phase ไปแล้ว เหลือส่วนแบ่งการตลาดอีกเพียง 30% เท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นในช่วงท้ายๆ ของ Growth Phase นี้ มักจะเป็นการแข่งขันเพื่อตัดราคากันเป็นหลัก ทำให้อัตรากำไรที่ควรจะได้ก็น้อย

ลงไปอีก และในขณะเดียวกันคู่แข่งทางการค้าที่เริ่มลงทุนก่อนก็สามารถคว้าโอกาสทางธุรกิจที่เกิดขึ้นนี้ได้และสร้างผลตอบแทนได้อย่างดี ในที่สุดแล้วการลงทุนที่ช้าเกินไปอาจนำมาสู่การเสียโอกาสทางธุรกิจ

5.2 การประยุกต์ใช้สำหรับองค์กรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีโดยอ้อม

นอกจาก Bass Model จะช่วยนำทางให้กับองค์กรที่เกี่ยวข้องโดยตรงแล้ว องค์กรที่เกี่ยวข้องทางอ้อมยังสามารถนำ Bass Model ไปใช้แทนที่ได้เช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น บริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตชิ้นรูปพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาจเห็นโอกาสในการสร้าง Case Cover สำหรับ Smartphone หรือ Tablet ซึ่งสามารถคาดการณ์ความต้องการของผู้บริโภคและแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้จากรูปแบบการกระจายตัวของ OLED (ซึ่งถูกใช้ใน Smartphone อย่างแพร่หลาย) นั่นเอง หรือแม้กระทั่งบริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับแบตเตอรี่ก็สามารถเห็นโอกาสของตลาดแบตเตอรี่สำรอง (Power Bank) ที่มาพร้อมกับแนวโน้มการเติบโตของ Smartphone ได้อีกด้วย

6. ประโยชน์ในการนำทฤษฎีการวิเคราะห์คาดการณ์การแพร่กระจายของเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงของประเทศไทย

ในบริบทของประเทศไทยกำลังพัฒนาอย่างประเทศไทยก็สามารถนำกระบวนการวิเคราะห์คาดการณ์นี้มาปรับประยุกต์ใช้ได้ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Lertriluck และ Gerd Sri [30] ที่ศึกษาคาดการณ์แนวโน้มการยอมรับของเทคโนโลยีระบบชำระเงินผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Payments) ในประเทศไทย ซึ่งในการศึกษานี้ทำการคาดการณ์เทคโนโลยีระบบชำระเงินผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้ข้อมูลของเทคโนโลยีการชำระเงินผ่าน Smart Purse ในธุรกิจร้านสะดวกซื้อ เป็นเทคโนโลยีเทียบเคียง (Analogous product) โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการแพร่กระจายของเทคโนโลยีระบบชำระเงินผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ในบริบทของประเทศไทย โดยเฉพาะ ซึ่งจะช่วยให้นักวางแผนทั้งภาครัฐบาลและภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้สามารถวางแผนเพื่อ

รองรับความต้องการในอนาคตได้อย่างเหมาะสม โดยที่ไม่ได้ตัดสินใจเร็วเกินไปในการลงทุนซึ่งอาจเกินความต้องการที่แท้จริง ทำให้ลงทุนแล้วไม่คุ้มค่า ในทางตรงข้ามหากตัดสินใจช้าเกินไป ความล่าช้าอาจส่งผลให้การพัฒนาด้านการชำระเงินของประเทศไทยมีความล้าหลังประเทศเพื่อนบ้าน การทำธุรกรรมทางการเงินไม่สะดวก ซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งในการจุดรั้งต่อการพัฒนาด้านธุรกรรมทางการเงินของประเทศในอนาคต

นอกจากเทคโนโลยีระบบชำระเงินผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Payments) ยังมีเทคโนโลยีอีกมากมายที่ถือเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทยที่คาดว่าจะมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยี RFID (Radio-Frequency Identification) ที่คาดว่าจะมาแทนเทคโนโลยีเดิม คือ เทคโนโลยี Barcode ซึ่งจะทำให้ระบบการจัดการการส่งสินค้า (Logistics) มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หรือเทคโนโลยีระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษอัตโนมัติ (Easy Pass) ที่กำลังถูกนำมาใช้แทนการเก็บเงินโดยทั่วไปของทางด่วนในกรุงเทพมหานครเพื่อสร้างความสะดวกให้กับผู้ขับขี่รถยนต์และเพิ่มความคล่องตัวให้กับการจราจร การเข้ามาของเทคโนโลยีเหล่านี้สร้างความท้าทายสำหรับผู้บริหารทั้งในภาครัฐและผู้บริหารในบริษัทเอกชนในการคาดการณ์การยอมรับเทคโนโลยีของผู้บริโภค เพื่อที่จะได้วางแผน และตัดสินใจในการลงทุนได้อย่างเหมาะสมเพื่อรองรับความต้องการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และแน่นอนว่าการประยุกต์ใช้ Bass Model อย่างเหมาะสมจะช่วยให้การวิเคราะห์คาดการณ์การยอมรับเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. สรุปผลการวิจัย

การคาดการณ์การกระจายตัวของเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมในอนาคตได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพนำมาสู่การปรับองค์กรในมิติต่างๆ ให้สอดคล้องกับแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น นอกจากนั้น งานวิจัยชิ้นนี้เน้นย้ำให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ Bass Model มีความจำเป็นในการวิเคราะห์ค่าตัวประสิทธิ์ p , q และ m ให้เหมาะสมของการใช้เทคโนโลยีที่มีความคล้ายคลึงกันในอดีตมาเทียบเคียงเพื่อนำมาคาดการณ์แนวโน้มของเทคโนโลยีใหม่อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การนำค่า p และ q ในอดีตมาใช้อาจ

ไม่สามารถสะท้อนถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้เสมอไป ดังนั้นควรมีการตรวจสอบความเหมาะสมของการใช้ค่า p และ q ด้วยการนำรูปแบบการกระจายตัวของเทคโนโลยีที่ได้มาตรวจสอบกันข้อมูลที่แท้จริงในปัจจุบัน

การที่องค์กรหนึ่งๆ ตระหนักและเข้าใจถึงรูปแบบการกระจายตัวของเทคโนโลยีนั้นถือเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยหนึ่งในเครื่องมือ นั่นคือ Bass Model ซึ่งจะช่วยให้องค์กรสามารถวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมรองรับกับความท้าทายและโอกาสทางธุรกิจที่จะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งท้ายที่สุดแล้วจะส่งผลต่อความสำเร็จขององค์กรในอนาคต

8. เอกสารอ้างอิง

1. Sharif, M.N. and Kabir, C., 1976, "A Generalized Model for Forecasting Technological Substitution," *Technological Forecasting and Social Change*, 8 (4), pp. 353-364.
2. Powell, A., Murdoch, J. and Tudor, N., 2007, "Modeling Risk-Benefit Assumptions in Technology Substitution," *Proceedings of International Conference on Software Process*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 295-306.
3. Meade, N. and Islam, T., 2006, "Modelling and Forecasting the Diffusion of Innovation-A 25-Year Review," *International Journal of Forecasting*, 22 (3), pp. 519-545.
4. Lee, J., Cho, Y., Lee, J.D. and Lee, C. Y., 2006, "Forecasting Future Demand for Large-Screen Television Sets Using Conjoint Analysis with Diffusion Model," *Technological Forecasting and Social Change*, 73 (4), pp. 362-376.
5. Bae, J., Seetharaman, K., Suntharasaj, P. and Ding, Y., 2007, "Technology Forecasting of RFID by Using Bibliometric Analysis and Bass Diffusion Model," *Proceedings of PICMET'07-2007 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology*, pp. 1637-1642.
6. Norton, J.A. and Bass, F.M., 1987, "A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products," *Management Science*, 33 (9), pp. 1069-1086.
7. Norton, J.A. and Bass, F.M., 1992, "Evolution of Technological Generations : The Law of Capture," *Sloan Management Review*, 33 (2), pp. 66.
8. Radojicic, V.D. and Markovic, G.Z., 2009, "New Technology Forecasting Using the Bass Model," *Proceedings of the 9th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services*, pp. 277-280.
9. Bass, F.M., 2004, "Comments on "A New Product Growth for Model Consumer Durables the Bass Model,"" *Management Science*, 50 (Supplement 12), pp. 1833-1840.
10. Bass, F.M., 1969, "A New Product Growth Model for Consumer Durables," *Management Science*, 15, pp. 215-227.
11. Dodson, J., 2005, "New Product Forecasting: The Bass Model Contents," *Marketing Tool Kit*, pp. 1-4.
12. Mahajan, V., Muller, E. and Bass, F.M., 1991, "New Product Diffusion Models in Marketing : A Review and Directions for Research," *Journal of Marketing*, 54, pp. 1-26.
13. Albers, S., 2004, "Forecasting the Diffusion of an Innovation Prior to Launch," *Cross-functional Innovation Management : Perspectives from Different Disciplines*, Gabler, Wiesbaden, pp. 243-258.
14. Lilien, G.L., Rangaswamy, A. and De Bruyn, A., 2013, *Principles of Marketing Engineering*, Decision Pro, 286 p.
15. Geroski, P.A., 2000, "Models of Technology Diffusion," *Research Policy*, 29 (4), pp. 603-625.
16. Lee, J., Cho, Y., Lee, J. D. and Lee, C. Y., 2006, "Forecasting Future Demand for

Large-Screen Television Sets Using Conjoint Analysis with Diffusion Model,” *Technological Forecasting and Social Change*, 73 (4), pp. 362-376.

17. Johnson, W.C. and Bhatia, K., 1997, “Technological Substitution in Mobile Communications,” *Journal of Business & Industrial Marketing*, 12 (6), pp. 383-399.

18. Chu, C.P. and Pan, J.G., 2008, “The Forecasting of the Mobile Internet in Taiwan by Diffusion Model,” *Technological Forecasting and Social Change*, 75 (7), pp. 1054-1067.

19. Wright, M. and Charlett, D., 1995, “New Product Diffusion Models in Marketing : an Assessment of Two Approaches,” *Marketing Bulletin*, 6 (4), pp. 32-41.

20. Gurski, J. and Quach, L. M., 2005, Display Technology Overview. *Lytica White Paper*. Lytica Inc., Ottawa. 37 p.

21. Steed, J.W. and Atwood, J.L., 2009, *Supramolecular Chemistry*, 2nd ed., John Wiley and Sons, 1002 p.

22. Geffroy, B., Le Roy, P. and Prat, C., 2006, “Organic Light-Emitting Diode (OLED) Technology: Materials, Devices and Display Technologies,” *Polymer International*, 55 (6), pp. 572-582.

23. Gerdri, P., Gerdri, N. and Han, S., 2005, Applying TDE Approach to Determining the Strategic Timing on Substitution of Emerging Technologies in Companies: Preliminary Analysis on A Case Study of LCD vs. OLED Display Technology for Portable and Handheld Computing Devices, Department of Engineering and Technology

Management Maseeh College of Engineering and Computer Science Portland State University.

24. Bardsley, J.N., 2004, “International OLED Technology Roadmap,” *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 10 (1), pp. 3-9.

25. Mahajan, V., Muller, E. and Wind, Y., 2000, “New-Product Diffusion Models (International Series in Quantitative Marketing, Vol. 11), Springer US, 355 p.

26. Colegrove, J., 2012, “OLED Display and OLED Lighting Technology and Market Forecast,” Semicon West 2012 conference, 28 p.

27. Evans, B., 2013, “Mobile is Eating the World,” International Data Corporation (IDC), Enders Analysis.

28. Calif, S.C., 2012, Small and Medium Display Active Matrix OLED Penetration to More Than Double by 2015 According to Display Search.

29. OLEDs, 4K HD, and Smart TV : What’s the best near-term bet for better television?. Retrieved March 27, 2012, from <http://www.extremetech.com/extreme/145540-oleds-4k-hd-and-smart-tv-whats-the-best-near-term-bet-for-better-television>.

30. Lerttriluck, W. and Gerdri, N., 2014, “Forecasting Adoption Trend and the Growth of Mobile Payments Technology in Thailand,” *Proceedings of the 6th Thailand Technology and Innovation Management Association Conference*, pp. 300-309.

31. Wright, M., Upritchard, C. and Lewis, T., 1997, “A Validation of the Bass New Product Diffusion Model in New Zealand,” *Marketing Bulletin*, 8, pp. 15-29.