338.13
ร512บ
ฉ.2

บริจาค

รายงานการวิจัย

บทบาทของภาคเกษตรในความผันผวนของเศรษฐกิจไทย

Role of Agricultural Sector in Thailand's Aggregate Business Cycle Volatility

ชื่อผู้วิจัย

จิรวัฒน์ เจริญสถาพรกุล

14 ก.ค. 2553

พฤศจิกายน 2552

สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ของ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

S 370610

สารบัญ

บทที่		หน้า
1.	**บทนำ**	1
	1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
	1.3 ความสำคัญของการวิจัย	6
	1.4 กรอบความคิดของโครงการวิจัย	6
2.	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	7
	2.1 การทบทวนวรรณกรรม	7
	2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย	8
	(1) หน่วยเศรษฐกิจและข้อจำกัดของทรัพยากร	8
	(2) การหาดุลยภาพในระยะยาวหรือ Steady state	15
3.	**การแก้ปัญหาเชิงพลวัตร**	20
	3.1 Optimal linear regulator problem	20
	3.2 Stochastic dynamic programming method	24
	3.3 การหา Value function โดยอาศัยสมการ Ricatti	25
	3.4 State Space Representation	27
4.	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	28
	4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Calibration)	28
	4.2 ผลการจำลองสถานการณ์	31
	4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์	32
5.	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	38
	5.1 สรุป อภิปรายผล	38
	5.2 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม		40
ภาคผนวก		41
	ก. Hodrick-Prescott Filter และข้อมูลอนุกรมเวลาผลผลิตประชาชาติรายไตรมาส	42
	ข. ข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ และผลการประมาณค่าเมตริกซ์ ρ	45
	ค. Mathematica Code และ Matlab Code	56
ประวัติย่อนักวิจัย		64

บัญชีภาพประกอบ

รปภาพที่		หน้า
1.1	การหาส่วนประกอบวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงของผลผลิตมวลรวมสาขาเกษตร	3
1.2	การหาส่วนประกอบวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงของผลผลิตมวลรวมสาขาที่ไม่ใช่เกษตร	5
1.3	กรอบความคิดของโครงการวิจัย	6
2.1	ความมีจำกัดของทรัพยากรในแบบจำลอง	9
2.2	การผลิตของระบบเศรษฐกิจในแบบจำลอง	11
4.1	การตอบสนองเชิงพลวัตรของ Solow residual ที่มีต่อ Positive technological shock	34
4.2	การตอบสนองเชิงพลวัตรของผลผลิตประชาชาติที่มีต่อ Positive technology shock	34
4.3	การตอบสนองเชิงพลวัตรของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคอื่นๆต่อ Positive technological shock	34

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลผลิตประชาชาติและผลผลิตภาคเกษตรในช่วงปี 1975-2000	1
1.2	Stylized fact ของวัฏจักรธุรกิจประเทศไทยจำแนกตามสาขา	2
4.1	การกำหนดค่าพารามิเตอร์	30
4.2	คุณลักษณะทางวัฏจักรธุรกิจระหว่าง Stylized fact และ Benchmark economy	33
4.3	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ a	36
4.4	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ e	37
ผนวก ก. 1	นิยามของตัวแปรและแหล่งที่มาของข้อมูลผลผลิตประชาชาติรายไตรมาส	44
ผนวก ข. 1	อัตราการเติบโตเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	46
ผนวก ข. 2	สัดส่วน Compensation of Employees in Non-Agriculture และ Agriculture	47
ผนวก ข. 3	สัดส่วนผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตรต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	48
ผนวก ข. 4	สัดส่วนเฉลี่ยการลงทุนต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	49
ผนวก ข. 5	สัดส่วนสต็อกทุนต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	50
ผนวก ข. 6	สัดส่วนการจ้างงานในสาขาเกษตรต่อการจ้างงานรวมเฉลี่ย	51
ผนวก ข. 7	สัดส่วนการจ้างงานต่อกำลังแรงงานเฉลี่ย	52
ผนวก ข. 8	ข้อมูลในการคำนวณหา Solow residual ในสาขาเกษตร	53
ผนวก ข. 9	ข้อมูลในการคำนวณหา Solow residual ในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร	54
ผนวก ข. 10	ผลการประมาณสมการ $z_{t+1} = \rho z_t + \varepsilon_{t+1}$	55

บทคัดย่อ

จากสัดส่วนผลผลิตสาขาเกษตรต่อผลผลิตมวลรวมอาจกล่าวได้ว่าในปัจจุบันภาคเกษตรไทยแสดงบทบาทน้อยในการส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามคุณลักษณะของวัฏจักรธุรกิจที่ได้จากข้อมูลจริง (Stylized fact) บอกเราว่าวัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตรนั้นมีความผันผวนมากกว่าสาขาอื่นๆในระบบเศรษฐกิจ ซึ่งนำไปสู่งานวิจัยชิ้นนี้ที่จะค้นหาสาเหตุความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตร ขั้นตอนการทำงานหลักของการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจแบบ 2 ภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคเกษตรกรรมและภาคที่ไม่ใช่เกษตรกรรม ซึ่งการที่แบบจำลองกำหนดให้ตัวแทนผู้บริโภค (Representative consumer) บริโภคทั้งสินค้าเกษตรและสินค้าที่ไม่ใช่เกษตรนั้นเป็นการชี้ให้เห็นถึงบทบาทของภาคเกษตรในแบบจำลองความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจ หลังจากนั้นผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง และการทดลองแบบจำลอง จากผลการจำลองสถานการณ์พบว่าเศรษฐกิจที่จำลองขึ้นนั้นค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลจริงในประเด็นสำคัญๆ ซึ่งสะท้อนว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยีเป็นสาเหตุให้เกิดความผันผวนดังกล่าว

Abstract

Thailand's agricultural sector would currently play a less vital role in the contribution of economic growth according to the agricultural output share in GDP. Nonetheless, the stylized fact of business cycles tells us that the agricultural activity has fluctuated more than the rest of the economy until now. It inspires this research to investigate the cause of fluctuation of agricultural business cycle. The main procedures of research are comprised of three steps. It begins with the formulation of a two-sector real business cycle model with agriculture and non-agriculture. Specifically, the representative consumers would consume both agricultural and non-agricultural products. It refers to the role of agricultural sector in aggregate business cycle volatility. Afterward, the research attempts to calibrate the model economy. The computational experiments are illustrated in the last step. As the simulation results, the replicated economy roughly is consistent with the data in important dimensions. It implies that the agricultural business cycle fluctuations are driven by shocks to technologies.

บทที่ 1
บทนำ

ในบทแรกของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 หัวข้อย่อย ส่วนที่หนึ่งจะกล่าวที่มาของปัญหาวิจัย ซึ่งทางวงวิชาการด้านนักทฤษฎีวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริง (Real business cycles theorist) จะเรียกว่าการแสดง Stylized fact ของเศรษฐกิจมหภาค สำหรับส่วนที่สองผู้วิจัยแสดงถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย และหลังจากนั้นจะกล่าวถึงคุณประโยชน์ (Contributions) ของงานชิ้นนี้เมื่อทำสำเร็จลง ในส่วนที่ 4 นั้นผู้วิจัยอาศัยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งจะนำเสนอต่อไปในบทที่ 2 นั้น นำแนวคิดมาสร้างเป็นกรอบความคิดของโครงการนี้

1.1 ความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลผลผลิตประชาชาติในช่วงปี 1976-2004 กล่าวได้ว่า ปัจจุบันภาคเกษตรกรรมมีบทบาทต่ออัตราการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจไทยน้อยลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับภาคเศรษฐกิจสาขาอื่นๆ เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ เป็นต้น โดยในช่วงปี 1996-2000 และปี 2001-2004 ผลผลิตประชาชาติภาคเกษตรกรรมมีอัตราการเติบโตเพียงร้อยละ 2.35 และ 2.64 ตามลำดับ ส่งผลให้ผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตรคิดเป็นสัดส่วนต่อผลผลิตประชาชาติมวลรวมเพียงร้อยละ 9.85 และ 10.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตประชาชาติและผลผลิตภาคเกษตรในช่วงปี 1975-2000

(หน่วย: ล้านบาท ณ ราคาปี 1988)

ปี	ผลผลิตประชาชาติ		ผลผลิตประชาชาติภาคเกษตร[1]		
	มูลค่า	อัตราการเติบโต (%)	มูลค่า	อัตราการเติบโต (%)	% ของผลผลิตประชาชาติ
1976-1980	809,145	7.96	175,173	4.14	21.76
1981-1985	1,078,649	5.45	209,200	4.26	19.42
1986-1990	1,577,830	10.34	249,812	3.17	16.05
1991-1995	2,500,010	8.62	289,610	1.15	11.75
1996-2000	2,963,604	0.64	291,481	2.35	9.85
2001-2004	3,363,464	5.17	335,764	2.64	10.00

หมายเหตุ: [1]ผลผลิตภาคเกษตรคำนวณมาจากผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตรกรรม การล่าสัตว์ การป่าไม้ และการประมง
ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลานั้นๆ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในประเด็นด้านความผันผวนของผลผลิตประชาชาติตามแนวทางของทฤษฎีวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริง ซึ่งเป็นแนวคิดเศรษฐศาสตร์มหภาคแนวคลาสสิกใหม่ (New classical economics) ซึ่งการแสดงความผันผวนลักษณะนี้จะเรียกว่าเป็นการแสดง Stylized fact ของวัฏจักรธุรกิจอย่างหนึ่ง โดยผู้วิจัยจะแยกองค์ประกอบแนวโน้มออกตามแนวทางของ Hodrick-Prescott[1] เพื่อคำนวณหาองค์ประกอบวัฏจักร (Cyclical component) วัฏจักรธุรกิจของประเทศไทยจำแนกตามสาขาเกษตร และที่ไม่ใช่สาขาเกษตร หลังจากนั้นเมื่อเรานำมาคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เราจะได้ Stylized fact ของความผันผวนในวัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติ ซึ่งพบว่า วัฏจักรธุรกิจของผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตรมีความผันผวนมากกว่าผลผลิตประชาชาติสาขาที่ไม่ใช่เกษตร (ตารางที่ 1.2)

ตารางที่ 1.2 Stylized fact ของวัฏจักรธุรกิจประเทศไทยจำแนกตามสาขา

ตัวแปรวัฏจักรธุรกิจ	Stylized fact				
	Standard deviation (%)	Autocorrelations			Correlations
		Lag1	Lag2	Lag3	
ผลผลิตประชาชาติ	3.66	0.55	0.38	0.16	1.00
ผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร	4.19	0.89	0.71	0.50	0.99
ผลผลิตประชาชาติที่ไม่ใช่สาขาเกษตร	3.85	0.39	-0.05	0.05	0.51

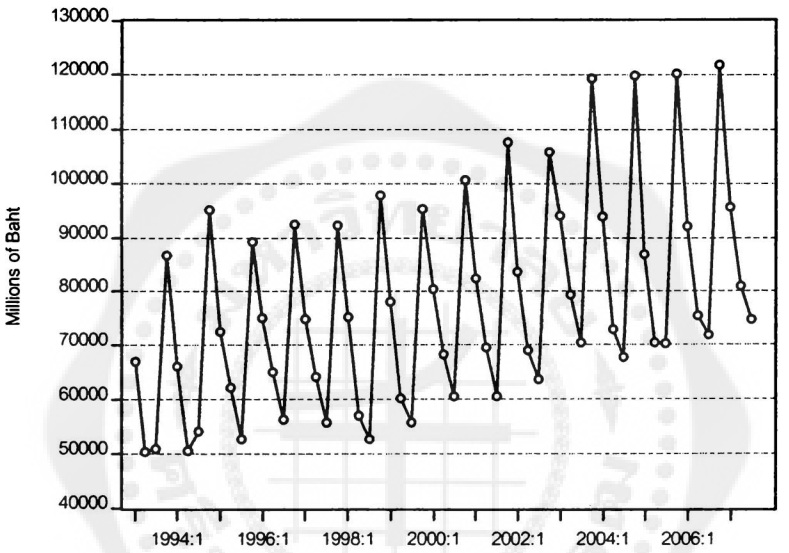
ที่มา: จากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลรายไตรมาสช่วงปี 1997 ถึง ปี 2007 และ ใช้โปรแกรม EVIEWS 4.1

นอกจากนี้ Stylized fact ที่สำคัญอีก 2 ประเภท ได้แก่ Autocorrelation ซึ่งเป็นค่าที่แสดงสหสัมพันธ์ของวัฏจักรธุรกิจระหว่างช่วงเวลาปัจจุบันกับย้อนหลัง 1, 2 และ 3 ช่วงเวลา ค่านี้มีนัยถึงPersistence ในแต่ละวัฏจักร สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlations) ระหว่างวัฏจักรผลผลิตรวมกับผลผลิตรายสาขาแสดงให้เห็นว่าวัฏจักรของตัวแปรนั้นๆเคลื่อนไหวในทิศทางเดียวกับผลผลิตรวม (Procyclical) หรือตรงกันข้ามกับผลผลิต (Countercyclical) ผลการคำนวณพบว่า สัมประสิทธิ์ของ Autocorrelation นั้น วัฏจักรธุรกิจมีรูปแบบที่ค่อนข้างคล้ายกัน โดยมีสหสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาปัจจุบันกับย้อนหลัง 1 ช่วงเวลาสูงกว่าโดยเปรียบเทียบกับย้อนหลัง 2 และ3 ช่วงเวลา ส่วนสหสัมพันธ์ พบว่าวัฏจักรธุรกิจทั้งสาขาเกษตรและที่ไม่ใช่สาขาเกษตรมีลักษณะเคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกับวัฏจักรผลผลิตรวม (Procyclical) อย่างไรก็ตามวัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตรแนบแน่นกับวัฏจักรผลผลิตมวลรวมมากกว่าสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

---

[1] รายละเอียดของวิธีนี้ดูจากภาคผนวก ก.

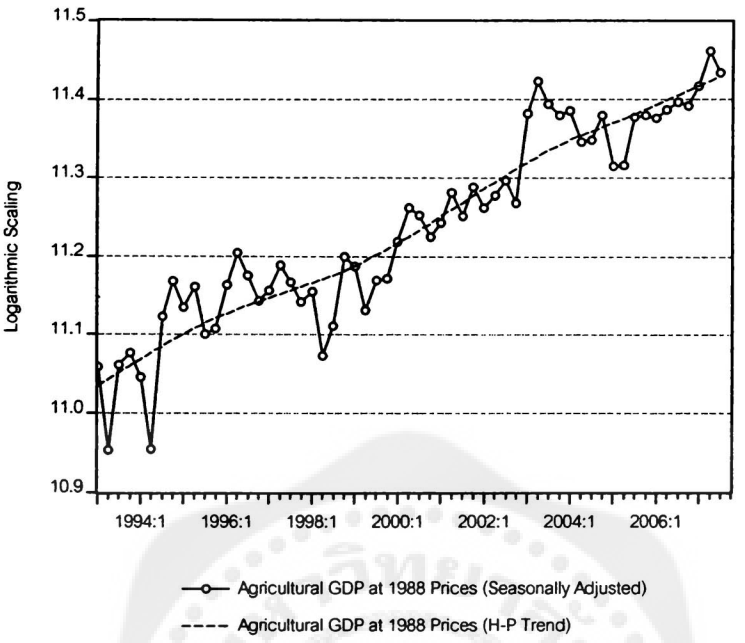
ดังนั้นในปัจจุบันภาคเกษตรกรรมไทยไม่ใช่เครื่องยนต์หลักในการขับเคลื่อนอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ แต่ต้นเหตุของความผันผวนของเศรษฐกิจในระยะสั้นนั้น ภาคเกษตรยังคงมีบทบาทอยู่มากกว่าภาคเศรษฐกิจที่ไม่ใช่เกษตร ประเด็นนี้นำไปสู่คำถามวิจัยของการศึกษาครั้งนี้ว่าอะไรเป็นต้นเหตุของความผันผวนในวัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตร



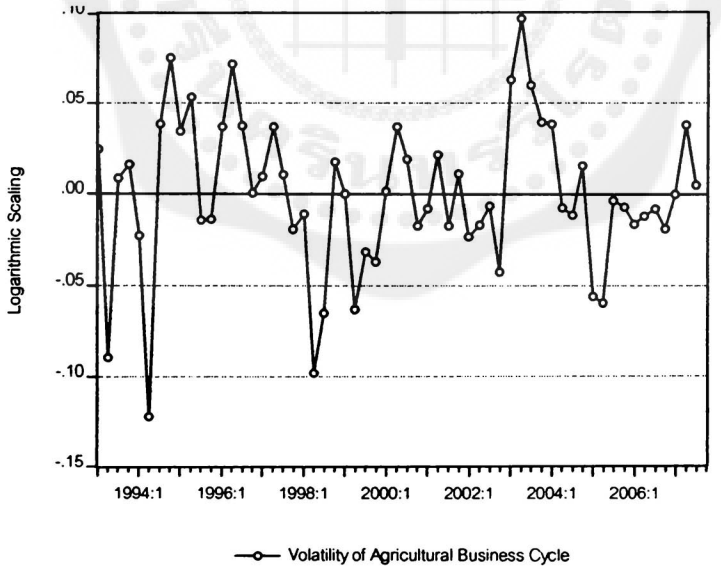
ก. ผลผลิตมวลรวมสาขาเกษตร ณ ราคาปี 1988

รูปภาพที่ 1.1 การหาส่วนประกอบวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงของผลผลิตมวลรวมสาขาเกษตร

หมายเหตุ: รายละเอียดของข้อมูลดูในตารางผนวก ก. 1.

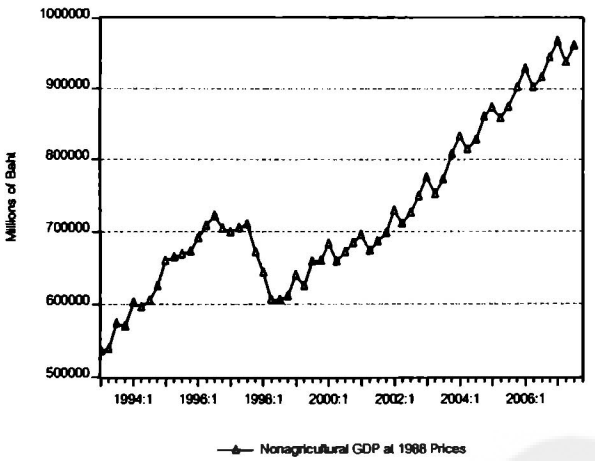


ข. ผลผลิตมวลรวมสาขาเกษตร ณ ราคาปี 1988 เมื่อปรับส่วนฤดูกาลออกแล้ว และเส้นแนวโน้มของผลผลิตนี้ที่ได้จาก Hodrick-Prescott Filter

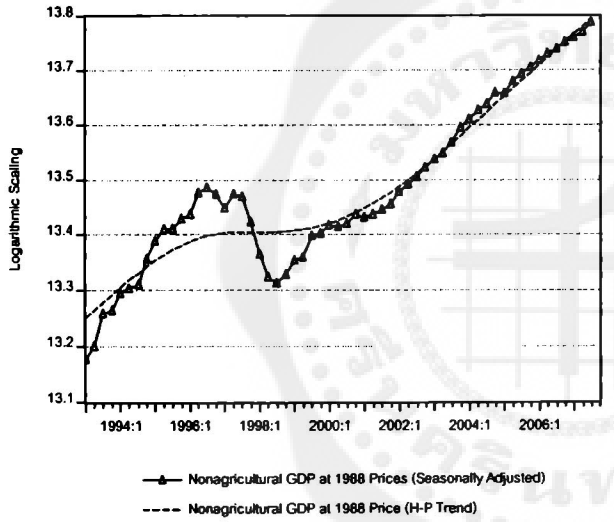


ค. วัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงของผลผลิตมวลรวมสาขาเกษตร

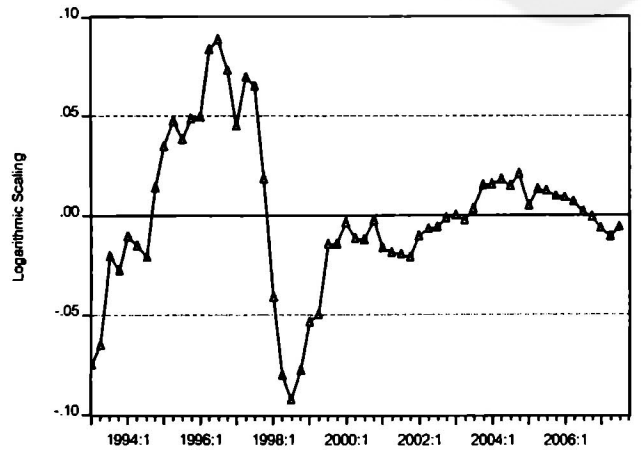
รูปภาพที่ 1.1 (ต่อ) การหาส่วนประกอบวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงของผลผลิตมวลรวมสาขาเกษตร
หมายเหตุ: รายละเอียดของข้อมูลดูในภาคผนวก ก.



ก. ผลผลิตมวลรวมสาขาที่ไม่ใช่เกษตร ณ ราคาปี 1988



ข. ผลผลิตมวลรวมสาขาที่ไม่ใช่เกษตร ณ ราคาปี 1988 เมื่อปรับส่วนฤดูกาลออกแล้ว และเส้นแนวโน้มของผลผลิตนี้ที่ได้จาก Hodrick-Prescott Filter



ค. วัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงของผลผลิตมวลรวมสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

รูปภาพที่ 1.2 การหาส่วนประกอบวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงของผลผลิตมวลรวมสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

หมายเหตุ: รายละเอียดของข้อมูลดูในภาคผนวก ก.

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

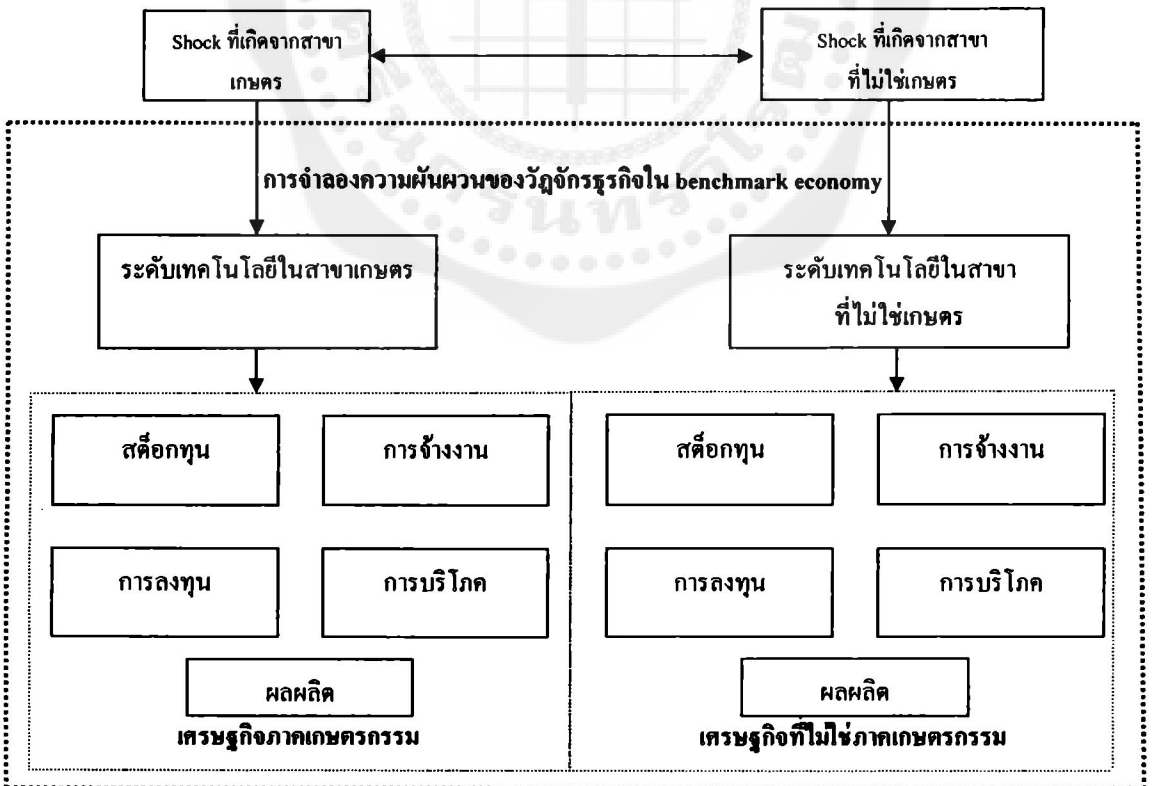
งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์บทบาทของภาคเกษตรในแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริง และค้นหาสาเหตุที่ทำให้วัฏจักรธุรกิจของภาคเกษตรกรรมมีความผันผวน

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

เมื่อผู้วิจัยทำการศึกษาเสร็จสิ้นลง ผลลัพธ์ของงานวิจัยที่ได้รับหลัก คือ แบบจำลองเศรษฐกิจมหภาคตามแนวทางของทฤษฎีวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริง ซึ่งมีทั้งสาขาเกษตรและไม่ใช่สาขาเกษตรอยู่ด้วยกัน แบบจำลองนี้มีคุณค่าในเชิงวิชาการสำหรับนักเศรษฐศาสตร์มหภาคในประเทศไทย เนื่องจากงานวิจัยแนวนี้ในประเทศยังคงมีจำกัด นอกจากนี้นักวิจัยที่สนใจสามารถนำแบบจำลองนี้ไปพัฒนาต่อเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางเศรษฐกิจของประเทศไทยได้ดีขึ้นต่อไปในอนาคต

1.4 กรอบความคิดของโครงการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่าการที่จะตอบวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยได้ เราจะเดินตามแนวคิดของทฤษฎีวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริง โดยหลักการคือความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคมีต้นเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยีทั้งสาขาเกษตร และที่ไม่ใช่สาขาเกษตรรายละเอียดแสดงตามรูปภาพที่ 1.3



รูปภาพที่ 1.3 กรอบความคิดของโครงการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากกรอบแนวคิดที่เสนอในบทที่ 1 นำมาสู่รายละเอียดของแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริง (Real business cycles model, RBC model) ผู้วิจัยจะเริ่มต้นบทนี้ด้วยการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ซึ่งอยู่ในหัวข้อที่ 2.1 จากนั้นในหัวข้อที่ 2.2 จึงจะลงรายละเอียดในทฤษฎี โดยนักเศรษฐศาสตร์กลุ่ม RBC อาศัยทฤษฎีบทเกี่ยวกับสวัสดิการที่เรียกว่า Second welfare theorem มาอธิบายดุลยภาพของแบบจำลอง โดยเชื่อว่าระบบเศรษฐกิจมีผู้มีอำนาจกำหนดนโยบายทางสังคม (Social planner) ซึ่งประพฤติตัวเสมือนนักบุญ (Benevolent) มาเป็นผู้จัดสรรทรัพยากรและแจกจ่ายผลผลิตให้แก่ประชาชนในสังคม โดยนักบุญผู้นี้จะจัดสรรจนกระทั่งทำให้หน่วยเศรษฐกิจ (Economic agent) มีความสุขสูงสุดตลอดชั่วชีวิตของเขาภายใต้ทรัพยากรที่จำกัดและผันผวนเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยี (Technological shock)

ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยปรับสภาพแวดล้อมภายในระบบเศรษฐกิจ (Economic environment) หรือแบบจำลองถูกแบ่งออกเป็น 2 สาขา ได้แก่ สาขาเกษตรและสาขาที่ไม่ใช่สาขาเกษตร ซึ่งอาศัยแบบจำลองของ Da-Rocha and Restuccia (2006) ดังนั้นจากทฤษฎีบทข้างต้นแปลว่าในเศรษฐกิจที่ประกอบไปด้วย 2 ภาคนั้น Social planner ต้องเผชิญกับ Technological shock ที่มีต้นกำเนิดมาจากสาขาเกษตรและที่ไม่ใช่สาขาเกษตร ทั้งนี้เมื่อ Social planner แก้ปัญหาการแสวงหาความพอใจสูงสุดภายใต้ Shock ของหน่วยเศรษฐกิจดังกล่าวแล้ว แบบจำลองจะแสดงระดับที่เป็นเลิศของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาค ซึ่งเป็นค่าที่ตัวแปรเบี่ยงเบนออกจาก Steady state กล่าวได้ว่าคำตอบของการแก้ปัญหาผลเลิศในเชิงพลวัตรนี้ (Dynamic optimization) ก็คือ วัฏจักรธุรกิจของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคนั่นเอง ทั้งนี้ในส่วนของทฤษฎีก็แบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย ส่วนแรกแสดงถึงการสร้างแบบจำลองโดยเริ่มต้นด้วยกำหนดทรัพยากรในระบบเศรษฐกิจ รวมทั้งการผลิตในระบบเศรษฐกิจ ตลอดจนการกำหนดคุณลักษณะของประชากรและความพอใจ ส่วนที่สองแสดงถึงการหาค่าตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคในดุลยภาพระยะยาว

2.1 การทบทวนวรรณกรรม

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา งานวิจัยในประเทศไทยทางด้านแบบจำลองเศรษฐกิจมหภาคตามแนวทางสำนักคลาสสิกใหม่ ในกลุ่มของแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยนับเริ่มจากงานของ เชาว์ เก่งชน (2537) Thitipong (1995) Tanapong (1999) และ จิรวัฒน์ (2542) อาศัยแบบจำลองพื้นฐาน เพื่ออธิบาย Stylized Fact ของความผันผวนของเศรษฐกิจไทย ต่อมามีการขยายแบบจำลองไปสู่การศึกษาผลกระทบของนโยบายการเงินและการคลังในงานของ Pawin (2000) และ

Chaleampong (2003) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามงานวิจัยด้านความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงที่แบ่งภาคเศรษฐกิจออกเป็นสาขาเกษตรและไม่ใช่สาขาเกษตร ซึ่งเป็นแนวทางการดำเนินการวิจัยครั้งนี้นั้นไม่พบการศึกษาที่ใกล้เคียงในประเทศไทย

งานวิจัยด้านแบบจำลองเศรษฐกิจมหภาคที่แบ่งเป็น 2 สาขาดังกล่าวในประเทศไทยนั้นแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) Macroeconometrics model ซึ่งธนาคารแห่งประเทศไทย และสำนักงานเศรษฐกิจการคลังพัฒนาแบบจำลองลักษณะนี้ แบบจำลองยังคงอาศัยแนวคิดทฤษฎีเศรษฐศาสตร์มหภาคของสำนักเคนส์เป็นหลัก แต่ได้พัฒนาในประเด็นของเครื่องมือทางเศรษฐมิติให้อยู่ในเชิงพลวัตร (Dynamics approach) มากขึ้น นั่นคือ นำ Error Correction Model มาใช้สร้างแบบจำลอง (2) Computable General Equilibrium Model (CGE Model) ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเป็นผู้บุกเบิก แนวคิดของ CGE เป็นลักษณะของแบบจำลองเศรษฐกิจมหภาคที่มีแนวคิดจากเศรษฐศาสตร์จุลภาค แต่งานในประเทศไทยนั้นยังไม่ได้สร้างในเชิงพลวัตร การสร้างแบบจำลองลักษณะนี้ต้องอาศัยคลังข้อมูล (Data base) ที่ค่อนข้างซับซ้อน ที่เราเรียกกันว่า Social Accounting Matrix สำหรับงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทในประเทศไทยก็ได้อาศัยแนวคิดของทั้งสองลักษณะไปตอบโจทย์วิจัยในเรื่องของผลกระทบของนโยบายการเงินและนโยบายการคลังที่มีต่อตัวแปรเศรษฐกิจมหภาค ซึ่งงานในลักษณะนี้ก็พบค่อนข้างมากแล้ว แต่ผู้วิจัยจะไม่ขอนำเสนอในที่นี้

สำหรับงานวิจัยของต่างประเทศในเรื่องความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจที่ให้ความสำคัญกับสาขาเกษตรนั้นยังคงพบน้อยมาก ผู้วิจัยได้สำรวจพบว่ามีเพียง 2 งาน ได้แก่ Da-Rochaและ Restuccia (2002) และ Da-Rochaและ Restuccia (2006) ซึ่งศึกษาในกรณีของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศในกลุ่ม OECD ผลการจำลองแบบ (Simulation) พบว่าค่อนข้างสอดคล้องกับ Stylized fact ทางวัฏจักรธุรกิจของกลุ่มประเทศดังกล่าว กล่าวได้ว่าแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจที่มี 2 ภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคเกษตรกรรมและที่ไม่ใช่ภาคเกษตรกรรมที่ได้พัฒนามานั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวัฏจักรธุรกิจในทั้ง 2 กลุ่มประเทศได้ดี งานทั้งสองนี้ก็เป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยพยายามนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้กับกรณีความผันผวนของเศรษฐกิจไทย

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

(1) หน่วยเศรษฐกิจและข้อจำกัดของทรัพยากร

<u>ความมีจำกัดของทรัพยากรในระบบเศรษฐกิจ</u>: แบบจำลองกำหนดให้ภาคเกษตรแทนด้วย a ในขณะที่ภาคเศรษฐกิจอื่นๆ ที่ไม่ใช่เกษตรแทนด้วย n จากการที่ทรัพยากรในระบบเศรษฐกิจมีจำกัดสะท้อนว่าผลผลิตรวมจะมีปริมาณอยู่จำนวนหนึ่ง โดยหน่วยเศรษฐกิจจะนำไปใช้ได้ไม่เกินจำนวนนี้ กล่าวคือผลรวมระหว่างการบริโภคสินค้าที่ไม่ใช่เกษตร ($C_{n,t}$) และการลงทุนรวมของเศรษฐกิจ (X_t) จะต้องไม่เกินผลผลิตที่เกิดขึ้นในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร ($Y_{n,t}$)

$$C_{n,t}+X_t \leq Y_{n,t} \quad \ldots(1)$$

ซึ่งการลงทุนสัมพันธ์กับการสะสมทุนของระบบเศรษฐกิจดังนี้

$$K_{t+1} = X_t+(1-\delta)K_t \quad \ldots(2)$$

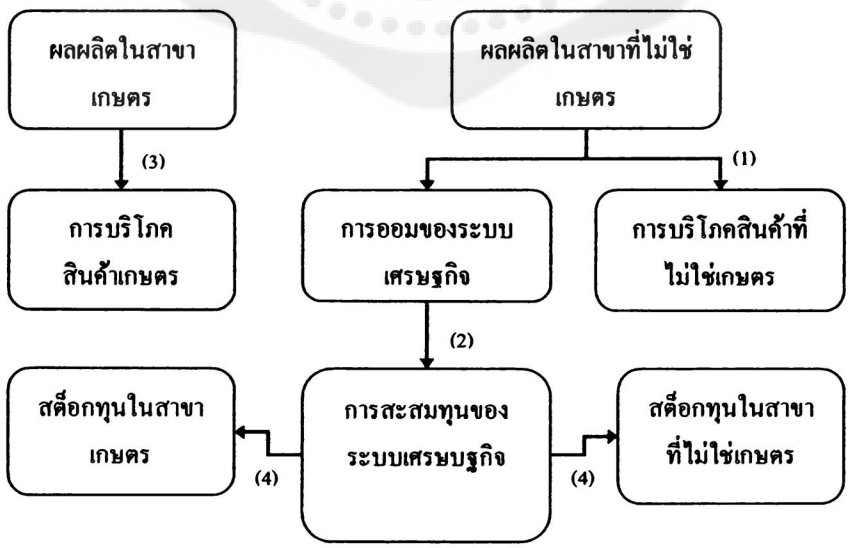
เมื่อ δ หมายถึงอัตราการเสื่อมของปัจจัยทุนซึ่งมีค่าคงที่ในทุกช่วงเวลา นอกจากนี้จากการที่ผลผลิตการเกษตรมีจำกัดเพียง $Y_{a,t}$ และชัดเจนว่าผลผลิตเหล่านี้ไม่สามารถนำไปใช้ในการลงทุนได้ ดังนั้นสินค้าเกษตรจะถูกนำไปใช้ในการบริโภคเท่านั้น โดยหน่วยเศรษฐกิจอาจจะไม่จำเป็นต้องบริโภคสินค้าเหล่านี้ทั้งหมด ทั้งนี้เราสามารถแสดงได้ตามอสมการข้างล่างนี้

$$C_{a,t} \leq Y_{a,t} \quad \ldots(3)$$

สต็อกทุนทั้งหมดในระบบเศรษฐกิจถูกแบ่งไปใช้ในภาคการผลิตเกษตร และภาคการผลิตอื่นๆ หรือ

$$K_{a,t}+K_{n,t} \leq K_t \quad \ldots(4)$$

ด้วยเงื่อนไขของแบบจำลองตามสมการ (1) ถึง (4) ที่กำหนดในข้างต้นทำให้ระดับผลผลิตในภาคการผลิตทั้งสองมีความสัมพันธ์กับการบริโภคสินค้าในแต่ละภาคการผลิต การออมของระบบเศรษฐกิจ และการสะสมทุนในภาคการผลิตทั้งสอง แสดงโดยรูปภาพที่ 2.1



รูปภาพที่ 2.1 ความมีจำกัดของทรัพยากรในแบบจำลอง

<u>การผลิตในระบบเศรษฐกิจ</u> ระบบเศรษฐกิจประกอบด้วยสองภาคการผลิต ได้แก่ ภาคเกษตร และภาคการผลิตอื่นๆ ผู้ผลิตในภาคการผลิตทั้งสองเผชิญกับเทคนิคการผลิตแบบผลได้ต่อขนาดคงที่ (Constant Return to Scale) ระดับเทคโนโลยีการผลิต $z_{i,t}$ โดย $i \in \{a,n\}$ ถูกรบกวนด้วยปัจจัยภายนอก $\varepsilon_{i,t}$ โดย $i \in \{a,n\}$ ปัจจัยภายนอกซึ่งรบกวนกระบวนการผลิต (Technological shock) ส่งผลต่อระดับเทคโนโลยีการผลิตในภาคการผลิตทั้งสองด้วยลักษณะพลวัตรแบบ First-order autoregressive ดังนี้

$$z_{t+1} = \rho z_t + \varepsilon_{t+1} \qquad \ldots(5)$$

โดยนิยามให้ $z_t \equiv \begin{pmatrix} z_{n,t} \\ z_{a,t} \end{pmatrix}$ และ $\varepsilon_t \equiv \begin{pmatrix} \varepsilon_{n,t} \\ \varepsilon_{a,t} \end{pmatrix}$ ซึ่ง $\varepsilon_t \sim N\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_{nn}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{aa}^2 \end{pmatrix}\right)$

การผลิตผลผลิตในภาคเกษตรอาศัยปัจจัยทุน ($K_{a,t}$) แรงงาน ($H_{a,t}$) และที่ดิน (T) ในการผลิต กระบวนการผลิตดังกล่าวอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันการผลิตดังนี้

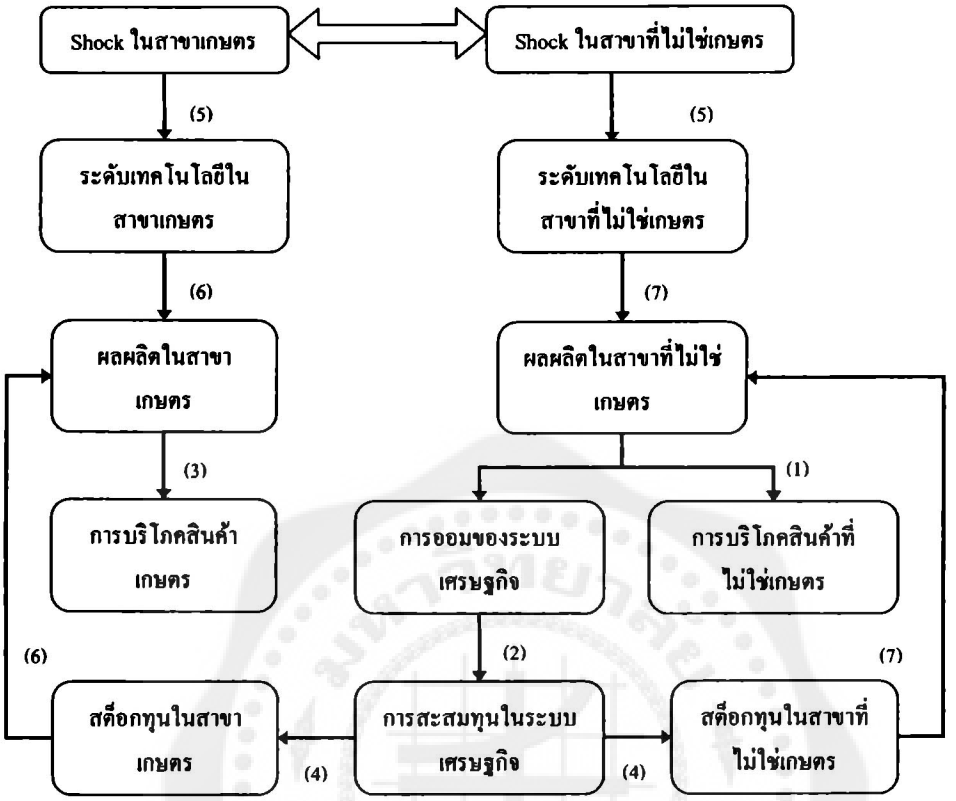
$$Y_{a,t} = \gamma_a^t \lambda_a e^{z_{a,t}} K_{a,t}^{\mu} H_{a,t}^{\phi} T^{1-\mu-\phi} \qquad \ldots(6)$$

การผลิตสินค้าในภาคการผลิตอื่นๆ อาศัยปัจจัยทุน ($K_{n,t}$) และปัจจัยแรงงาน ($H_{n,t}$) ในการผลิต กระบวนการผลิตดังกล่าวอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันการผลิตดังนี้

$$Y_{n,t} = \gamma_n^t \lambda_n e^{z_{n,t}} K_{n,t}^{\theta} H_{n,t}^{1-\theta} \qquad \ldots(7)$$

ทั้งนี้สำหรับ $i \in \{a,n\}$ นิยามให้ $\gamma_i^t \geq 1$, หมายถึง อัตราการเติบโตของผลิตภาพ (Exogenous growth rate of productivity) ซึ่งในงานวิจัยของเรานี้กำหนดให้ $\gamma_i^t = 1$ และ λ_i หมายถึง Time Invariant Technology Parameter และ λ_i หมายถึง Time Invariant Technology Parameter

กล่าวโดยสรุปในแต่ละช่วงเวลา ระบบเศรษฐกิจเผชิญกับปัจจัยภายนอกซึ่งรบกวนระดับเทคโนโลยีการผลิตในภาคการผลิตทั้งเกษตรและภาคที่ไม่ใช่เกษตร ผลจากปัจจัยรบกวนภายนอกดังกล่าวเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจแสดงในรูปภาพที่ 2.2



รูปภาพที่ 2.2 การผลิตของระบบเศรษฐกิจในแบบจำลอง

<u>ประชากรและความสุข</u> แบบจำลองกำหนดให้หน่วยครัวเรือนในระบบเศรษฐกิจมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ นั่นคือเราสามารถเลือกผู้บริโภคมาหนึ่งคนเป็นตัวแทน (Representative consumer) และเรากำหนดให้ประชากรมีอายุขัยเท่ากับอนันต์ โดยเริ่มต้นแบบจำลองกำหนดให้จำนวนประชากรมีค่าเท่ากับหนึ่ง การเติบโตของประชากรในระบบเศรษฐกิจคงที่ในอัตรา η และความสุขของตัวแทนผู้บริโภคอธิบายด้วยการบริโภคต่อจำนวนประชากร (C_t/L_t) และการพักผ่อนต่อจำนวนประชากร (l_t) ดังนั้นความพอใจโดยรวมที่ตัวแทนผู้บริโภคได้รับตลอดอายุขัยเท่ากับ

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u\left(\frac{C_t}{L_t}, l_t\right) L_t = \sum_{t=0}^{\infty} \hat{\beta}^t u\left(\frac{C_t}{L_t}, l_t\right) \quad \ldots(8)$$

เมื่อนิยามให้ $\beta\in[0,1]$ หมายถึง อัตราคิดลด และ $\hat{\beta}\equiv\beta\eta^{t}$ ทั้งนี้อรรถประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลาแสดงด้วยสมการข้างล่าง

$$u\left(\frac{C_t}{L_t}, l_t\right)=b\log\left(\frac{C_t}{L_t}\right)+(1\text{-}b)\log l_t \qquad \ldots(9)$$

ผู้บริโภคสามารถเลือกบริโภคสินค้าเกษตรและที่ไม่ใช่สินค้าเกษตร กล่าวคือระดับการบริโภคมวลรวมเกิดขึ้นจาก

$$C_t=\left(aC_{n,t}^{e}+(1\text{-}a)C_{a,t}^{e}\right)^{\frac{1}{e}} \qquad \ldots(10)$$

ในทำนองเดียวกันระดับการผักผ่อนคำนวณจากระยะเวลาที่เหลือจากการทำงานในภาคเกษตรและภาคการผลิตอื่นๆ โดยแรงงานของแต่ละครัวเรือนมีเวลาเท่ากับหนึ่ง และสมมติอีกว่าแรงงานไม่สามารถแบ่ง (Indivisibility) เวลาเพื่อไปทำงานในทั้งสองสาขาได้ การกำหนดข้อสมมติตัวแปรการจ้างงานในลักษณะนี้ เนื่องจากเรามีข้อจำกัดในการหาข้อมูลเมื่อต้องทำ Calibration และข้อสมมตินี้ก็ไม่บิดเบือนจากโลกความเป็นจริงมากนัก เนื่องจากความผันผวนในชั่วโมงการทำงานนั้นย่อมมีน้อยกว่าความผันผวนในจำนวนแรงงานที่มีงานทำ อย่างไรก็ตามการกำหนดสัดส่วนชั่วโมงการทำงานที่คงที่เข้าไปในแบบจำลองโดยตรงเลยก็ไม่เหมาะสม เนื่องจากมันจะทำให้Commodity space ไม่มีคุณสมบัติ Convex ฉะนั้น Da-Rocha and Restuccia จึงแนะนำให้ปรับรูปสมการในลักษณะของแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจในลักษณะของ Rogerson's lotteries กล่าวคือกำหนดให้ชั่วโมงการทำงานต่อครัวเรือนในแต่ละสาขาการผลิตแทนด้วย $\bar{h}_i$ และโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่แรงงานจะทำงานในแต่ละภาคการผลิตแทนด้วย $\pi_{i,t}$ ซึ่ง $i\in\{a,n\}$ ตามลำดับ ส่งผลให้เราสามารถแสดงการผักผ่อนต่อจำนวนประชากรของหน่วยครัวเรือนด้วยสมการข้างล่าง

$$l_t=\left(1-\bar{h}_n\right)^{\pi_{n,t}}\left(1-\bar{h}_a\right)^{\pi_{a,t}} \qquad \ldots(11)$$

<u>การปรับมูลค่าของปัจจัยทางเศรษฐกิจ</u> กำหนดให้จำนวนประชากรในระบบเศรษฐกิจมีการเติบโตตลอดเวลา เพราะฉะนั้นเพื่อพิจารณามูลค่าทางเศรษฐกิจโดยเฉลี่ยซึ่งประชากรหนึ่งคนในระบบเศรษฐกิจสร้างขึ้น ดังนั้นการวัดมูลค่าของปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆ จึงวัดอยู่ในรูปมูลค่าแท้จริงต่อจำนวนประชากร

---

[1] เนื่องจากจำนวนประชากรในช่วงเวลาเริ่มต้นเท่ากับ 1 หรือ $L_0 = 1$ เพราะฉะนั้น $L_t=\eta^{t}L_0 = \eta^{t}$

ด้วยเหตุดังกล่าวในเบื้องต้นจึงทำการปรับมูลค่าของปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆ ภายในแบบจำลองด้วย L_t[2] จากเงื่อนไขในอสมการที่ (1) เมื่อประยุกต์เข้ากับฟังก์ชันการผลิตสินค้าอื่นๆ ซึ่งไม่ได้จัดอยู่ในภาคเกษตร ตามสมการที่ (7) และการสะสมทุนในอสมการ (4) ได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$C_{n,t}+K_{t+1}-(1-\delta)K_t \leq \lambda_n e^{z_{n,t}} K_{n,t}^{\theta} H_{n,t}^{1-\theta} \qquad \ldots(12)^{3}$$

เมื่อหารตลอดสมการดังกล่าวด้วย L_t แล้ว

$$\frac{C_{n,t}}{L_t}+\frac{K_{t+1}}{L_t}-(1-\delta)\frac{K_t}{L_t} \leq \frac{\lambda_n e^{z_{n,t}} K_{n,t}^{\theta} H_{n,t}^{1-\theta}}{L_t^{\theta} L_t^{1-\theta}}$$

ทั้งนี้เพื่อปรับให้ K_{t+1} อยู่ในรูปมูลค่าแท้จริงต่อประชากรในช่วงเวลา t+1 จึงคูณและหารเทอมดังกล่าวด้วย η เป็นผลให้ $\frac{K_{t+1}}{L_t} = \frac{\eta K_{t+1}}{\eta L_t}$ และเนื่องจากที่กล่าวไปข้างต้นว่ากำหนดให้จำนวนประชากรเติบโตในอัตราคงที่เท่ากับ η ทุกช่วงเวลา ฉะนั้น $\eta L_t = L_{t+1}$ ทำให้ $\frac{K_{t+1}}{L_t} = \frac{\eta K_{t+1}}{L_{t+1}} = \eta K_{t+1}$ เมื่อนิยามให้ $k_{t+1} \equiv \frac{K_{t+1}}{L_{t+1}}$ และ $h_{n,t} \equiv \pi_{n,t}\bar{h}_n$ ซึ่ง π_n หมายถึงความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะทำงานในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร ดังนั้น (12) จึงสามารถแสดงในรูป

$$c_{n,t}+\eta k_{t+1}-(1-\delta)k_t \leq \lambda_n e^{z_{n,t}} k_{n,t}^{\theta}(\pi_{n,t}\bar{h}_n)^{1-\theta} \qquad \ldots(13)$$

ในทำนองเดียวกันเงื่อนไขของอสมการ (3) เมื่อประยุกต์เข้ากับนิยามการผลิตสินค้าเกษตรในสมการ (6) ได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$C_{a,t}=\lambda_a e^{z_{a,t}} K_{a,t}^{\mu} H_{a,t}^{\phi} T^{1-\mu-\phi} \qquad \ldots(14)^{4}$$

---

[2] ทั้งนี้ปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆ ซึ่งได้นิยามไว้ในข้างต้นหากได้รับการปรับมูลค่าแล้วจะแสดงด้วยอักษรตัวเอนเล็ก

[3] เนื่องด้วยฟังก์ชันการผลิตมีคุณสมบัติ Convex ใน Input Requirement Set เงื่อนไขในรูปอสมการที่ (1) จึงสามารถปรับให้อยู่ในรูปสมการได้ (Binding Constraint)

[4] เนื่องด้วยฟังก์ชันการผลิตในสมการมีคุณสมบัติ Convex ใน Input Requirement Set เงื่อนไขในรูปอสมการจึงสามารถปรับให้อยู่ในรูปสมการได้

ภายหลังการปรับมูลค่าและนิยามให้ $h_{a,t} \equiv \pi_{a,t}\bar{h}_a$ ซึ่ง π_a หมายถึงความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะทำงานในสาขาเกษตร ดังนั้นสมการ (14) จึงแสดงใหม่ในรูป

$$c_{a,t}=\lambda_a e^{z_{a,t}} k_{a,t}^{\mu}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi} t^{1-\mu-\phi} \qquad \ldots(15)$$

และ ภายหลังการปรับมูลค่าของอสมการ (4) สามารถแสดงใหม่ดังนี้

$$k_{a,t}+k_{n,t}\leq k_t \qquad \ldots(16)$$

จากฟังก์ชันอรรถประโยชน์ในสมการ (9) และนิยามของการบริโภคมวลรวมในสมการ (10) เมื่อประยุกต์เข้าด้วยกันและปรับมูลค่าปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ในรูปมูลค่าแท้จริงต่อจำนวนประชากรแล้ว เราจะได้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแทนผู้บริโภคในระบบเศรษฐกิจเป็นไปตามสมการข้างล่าง

$$\sum_{t=0}^{\infty}\hat{\beta}^t u\left(\frac{C_t}{L_t}, l_t\right)=\sum_{t=0}^{\infty}\hat{\beta}^t\left(\begin{array}{c}\frac{b}{e}\ln\left(ac_{n,t}^{e}+(1-a)c_{a,t}^{e}\right)\\ +(1-b)\left(\pi_{n,t}\ln\left(1-\bar{h}_n\right)+\pi_{a,t}\ln\left(1-\bar{h}_a\right)\right)\end{array}\right)$$

ภายใต้รูปแบบระบบเศรษฐกิจที่จำลองขึ้นนี้การจัดสรรทรัพยากรเกิดจากการตัดสินใจของ Social Planner ด้วยแนวคิดของ Second Welfare Theorem การจัดสรรทรัพยากรดังกล่าวก่อให้เกิด Pareto Optimal เช่นเดียวกับการจัดสรรทรัพยากรด้วยกลไกราคา เมื่อกำหนดให้ Social Planner มีเป้าหมายในการแสวงหาสวัสดิการของสังคมสูงสุด ด้วยการจัดสรรปัจจัยทางเศรษฐกิจอันประกอบด้วย

$$\left\{c_{a,t}, c_{n,t}, k_{t+1}, k_{n,t}, \pi_{a,t}, \pi_{n,t}\right\}_{t=0}^{\infty}$$

แล้วปัญหาการตัดสินใจของ Social Planner คือ เลือกเพื่อทำให้ตัวแทนผู้บริโภคมีความสุขสูงสุดตลอดชั่วชีวิต กล่าวคือการแก้ปัญหาผลเลิศ (Optimization problem) เขียนได้ดังนี้

$$\underset{\left\{c_{a,t}, c_{n,t}, k_{t+1}, k_{n,t}, \pi_{a,t}, \pi_{n,t}\right\}_{t=0}^{\infty}}{\text{Maximize}}\sum_{t=0}^{\infty}\hat{\beta}^t\left(\begin{array}{c}\frac{b}{e}\ln\left(ac_{n,t}^{e}+(1-a)c_{a,t}^{e}\right)\\ +(1-b)\left(\pi_{n,t}\ln\left(1-\bar{h}_n\right)+\pi_{a,t}\ln\left(1-\bar{h}_a\right)\right)\end{array}\right)$$

ภายใต้ข้อจำกัด[5] $c_{n,t}+\eta k_{t+1}-(1-\delta)k_t=\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta}(\pi_{n,t}\bar{h}_n)^{1-\theta}$

$$c_{a,t}=\lambda_a e^{z_{a,t}}k_{a,t}^{\mu}(\pi_{a,t}\bar{h}_a)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}$$

$$k_{a,t}+k_{n,t}=k_t$$

$$z_{t+1}=\rho z_t+\varepsilon_{i,t+1},\quad c_{a,t}, c_{n,t}, k_{t+1}, k_{n,t}, \pi_{a,t}, \pi_{n,t}>0 \text{ สำหรับ } \forall t$$

(2) การหาดุลยภาพในระยะยาวหรือ Steady state

จากสมการข้อจำกัดด้านสต็อกทุนเรารู้ว่า $k_{a,t}=k_t-k_{n,t}$ นำไปแทนในสมการการบริโภคสินค้าเกษตรจะได้ว่า $c_{a,t}=\lambda_a e^{z_{a,t}}(k_t-k_{n,t})^{\mu}(\pi_{a,t}\bar{h}_a)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}$ จากระเบียบวิธี Lagrangian function เป้าหมายเพื่อการตัดสินใจของ Social Planner แสดงด้วย

$$L=\sum_{t=0}^{\infty}\hat{\beta}^t\left(\begin{array}{c}\frac{b}{e}\ln(ac_{n,t}^{e}+(1-a)c_{a,t}^{e})+(1-b)(\pi_{n,t}\ln(1-\bar{h}_n)+\pi_{a,t}\ln(1-\bar{h}_a))\\+\psi_{n,t}\left(\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta}(\pi_{n,t}\bar{h}_n)^{1-\theta}-\eta k_{t+1}+(1-\delta)k_t-c_{n,t}\right)\\+\psi_{a,t}\left(\lambda_a e^{z_{a,t}}(k_t-k_{n,t})^{\mu}(\pi_{a,t}\bar{h}_a)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}-c_{a,t}\right)\end{array}\right)$$

โดยนิยามให้ $\psi_{i,t}$ แสดงถึงอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายของรายได้ที่ได้รับจากภาคการผลิต i เมื่อ $i\in\{a,n\}$ ตามลำดับ First-order Conditions จากการจัดสรรปัจจัยทางเศรษฐกิจอันประกอบด้วย $\{c_{a,t}, c_{n,t}, k_{t+1}, k_{n,t}, \pi_{a,t}, \pi_{n,t}\}_{t=0}^{\infty}$ แสดงได้ดังนี้

$$\frac{\partial L}{\partial c_{a,t}}:\hat{\beta}\left(\frac{b}{e}\frac{e(1-a)c_{a,t}^{e-1}}{(ac_{n,t}^{e}+(1-a)c_{a,t}^{e})}-\psi_{a,t}\right)=0 \quad \ldots(17)$$

$$\frac{\partial L}{\partial c_{n,t}}:\hat{\beta}\left(\frac{b}{e}\frac{e(1-a)c_{n,t}^{e-1}}{(ac_{n,t}^{e}+(1-a)c_{a,t}^{e})}-\psi_{n,t}\right)=0 \quad \ldots(18)$$

---

[5] ทั้งนี้ข้อจำกัดในการตัดสินใจของ Social Planner สามารถแสดงอสมการเหล่านี้ในรูปสมการได้ เนื่องจากแผนความพอใจของหน่วยครัวเรือนมีคุณสมบัติ Convex

$$\frac{\partial L}{\partial k_{t+1}}: \hat{\beta}^2\left(\psi_{a,t}\mu\lambda_a e^{z_{a,t}}\left(k_t-k_{n,t}\right)^{\mu-1}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}+\psi_{n,t}(1-\delta)\right)-\hat{\beta}\psi_{n,t}\eta = 0 \quad \ldots(19)$$

$$\frac{\partial L}{\partial k_{n,t}}: \hat{\beta}\left(\psi_{n,t}\theta\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta-1}\left(\pi_{n,t}\bar{h}_n\right)^{1-\theta}-\psi_{a,t}\lambda_a e^{z_{a,t}}\left(k_t-k_{n,t}\right)^{\mu-1}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}\right) =0 \quad \ldots(20)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \pi_{a,t}}: \hat{\beta}((1-b)\ln\left(1-\bar{h}_a\right)+\psi_{a,t}\phi\lambda_a e^{z_{a,t}}\left(k_t-k_{n,t}\right)^{\mu}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi-1}t^{1-\mu-\phi}\bar{h}_a) = 0 \quad \ldots(21)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \pi_{n,t}}: \hat{\beta}((1-b)\ln\left(1-\bar{h}_n\right)+\psi_{n,t}(1-\theta)\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{-\theta}\bar{h}_n) = 0 \quad \ldots(22)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \psi_{a,t}}: \lambda_a e^{z_{a,t}}\left(k_t-k_{n,t}\right)^{\mu}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}-c_{a,t} = 0 \quad \ldots(23)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \psi_{n,t}}: \lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta}\left(\pi_{n,t}\bar{h}_n\right)^{1-\theta}-\eta k_{t+1}+\left(1-\delta\right)k_t-c_{n,t} = 0 \quad \ldots(24)$$

เมื่อเรานำสมการที่ (18) หารด้วยสมการที่ (17) จะได้ผลลัพธ์คือ

$$\frac{a}{1-a}\frac{c_{n,t}^{e-1}}{c_{a,t}^{e-1}}=\frac{\psi_{n,t}}{\psi_{a,t}} \quad \ldots(25)$$

ในขณะที่สมการที่ (23) และสมการที่ (24) ทำให้สามารถแสดงผลผลิตหน่วยสุดท้ายจากการใช้ปัจจัยทุนในภาคการผลิตต่างๆ และผลผลิตหน่วยสุดท้ายจากการใช้ปัจจัยแรงงานในภาคการผลิตต่างๆ ในรูป

$$\mu\frac{y_{a,t}}{k_{a,t}}=\mu\lambda_a e^{z_{a,t}}\left(k_t-k_{n,t}\right)^{\mu-1}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}$$

$$\Rightarrow \phi\bar{h}_a\frac{y_{a,t}}{\pi_{a,t}\bar{h}_a}=\phi\bar{h}_a\lambda_a e^{z_{a,t}}\left(k_t-k_{n,t}\right)^{\mu-1}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi-1}t^{1-\mu-\phi}$$

$$\theta\frac{y_{n,t}}{k_{n,t}}=\theta\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta}\left(\pi_{n,t}\bar{h}_n\right)^{1-\theta}$$

$$\Rightarrow (1-\theta)\bar{h}_a\frac{y_{n,t}}{\pi_{n,t}\bar{h}_n}=(1-\theta)\bar{h}_n\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta}\left(\pi_{n,t}\bar{h}_n\right)^{-\theta}$$

เป็นผลให้สมการ (20) (21) และ (22) ถูกแสดงด้วย

$$\frac{\mu}{\theta}\left(\frac{y_{a,t}/k_{a,t}}{y_{n,t}/k_{n,t}}\right)=\frac{\psi_{n,t}}{\psi_{a,t}} \quad \ldots(26)$$

$$(1\text{-}b)\ln(1-\bar{h}_a)+\psi_{a,t}\phi\frac{y_{a,t}}{\pi_{a,t}\bar{h}_a}\bar{h}_a=0 \quad \ldots(27)$$

$$(1\text{-}b)\ln(1-\bar{h}_n)+\psi_{n,t}(1-\theta)\frac{y_{n,t}}{\pi_{n,t}\bar{h}_n}\bar{h}_n=0 \quad \ldots(28)$$

ในทำนองเดียวกันสมการที่ (19) สามารถแสดงด้วย

$$\mu\left(\frac{y_{a,t}}{k_{a,t}}\right)=\frac{\psi_{n,t}}{\psi_{a,t}}(\xi+\delta) \quad \ldots(29)$$

โดยนิยามให้ $\xi \equiv \frac{\eta}{\beta}-1$ กล่าวโดยสรุปแล้วเมื่อพิจารณาสมการ (26) รวมกับสมการ (29) ได้ผลลัพธ์

$$\mu\left(\frac{y_{a,t}}{k_{a,t}}\right)=\mu\left(\frac{y_{a,t}/k_{a,t}}{y_{n,t}/k_{n,t}}\right)\left(\frac{\xi+\delta}{\theta}\right)\Rightarrow\frac{y_{n,t}}{k_{n,t}}=\left(\frac{\xi+\delta}{\theta}\right)$$

แต่เรารู้ว่า $\frac{y_{n,t}}{k_{n,t}}=\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta-1}\left(\pi_{n,t}\bar{h}_n\right)^{1-\theta}$ ตามข้างต้นทำให้

$$k_{n,t}=\left(\left(\frac{\xi+\delta}{\lambda_n\theta}\right)e^{-z_{n,t}}\right)^{1-\theta}\left(\pi_{n,t}\bar{h}_n\right) \quad \ldots(30)$$

และหากพิจารณาสมการ (25) ร่วมกับสมการ (26) ถึงสมการ (28) ได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\frac{a}{1\text{-}a}\frac{c_{n,t}^{e-1}}{c_{a,t}^{e-1}}=\frac{\mu}{\theta}\left(\frac{y_{a,t}/k_{a,t}}{y_{n,t}/k_{n,t}}\right) \quad \ldots(31)$$

$$\left(\frac{\pi_{a,t}\ln(1-\bar{h}_a)}{\phi y_{a,t}}\right)\left(\frac{aC_{n,t}^{e}+(1-a)C_{a,t}^{e}}{(1-a)C_{a,t}^{e-1}}\right)+\frac{b}{1\text{-}b}=0 \quad \ldots(32)$$

$$\left(\frac{\pi_{n,t}\ln(1-\bar{h}_n)}{(1-\theta)y_{n,t}}\right)\left(\frac{aC_{n,t}^{e}+(1-a)C_{a,t}^{e}}{aC_{n,t}^{e-1}}\right)+\frac{b}{1-b}=0 \qquad \ldots(33)$$

กล่าวโดยสรุปคือเงื่อนไขในการจัดสรรทรัพยากรของ Social Planner (ภายใต้ดุลยภาพแบบ Interior Solution) ได้ผลลัพธ์ตามสมการที่ (30) ถึงสมการที่ (33) ณ Steady State ทางเดินเวลาของปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆ มีค่าคงที่ ประกอบกับในสถานการณ์ดังกล่าวระบบเศรษฐกิจไม่ถูกรบกวนด้วยปัจจัยภายนอก และกำหนดให้ $z_{i,t}=0$ โดย $i\in\{a,n\}$สำหรับ $\forall t$ เพราะฉะนั้นด้วยสมการ (30) ถึงสมการที่ (33) ดุลยภาพในระยะยาวหรือที่เราเรียกว่า Steady State ของระบบเศรษฐกิจแสดงดังนี้

Euler condition สำหรับการสะสมสต็อกทุน

$$k_n=\left(\frac{\xi+\delta}{\lambda_n\theta}\right)^{1-\theta}\left(\pi_n\bar{h}_n\right) \qquad \ldots(34)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของการบริโภคและอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มของสต็อกทุนในสาขาเกษตรกรรมและที่ไม่ใช่สาขาเกษตรกรรม

$$\frac{a}{1-a}\frac{c_n^{e-1}}{c_a^{e-1}}=\frac{\mu}{\theta}\left(\frac{y_a/k_a}{y_n/k_n}\right) \qquad \ldots(35)$$

Static choice ระหว่างการบริโภคสินค้าเกษตร การบริโภคสินค้าที่ไม่ใช่เกษตรและการพักผ่อน

$$\left(\frac{\pi_a\ln(1-\bar{h}_a)}{\phi y_a}\right)\left(\frac{aC_n^{e}+(1-a)C_a^{e}}{(1-a)C_a^{e-1}}\right)+\frac{b}{1-b}=0 \qquad \ldots(36)$$

$$\left(\frac{\pi_n\ln(1-\bar{h}_n)}{(1-\theta)y_n}\right)\left(\frac{aC_n^{e}+(1-a)C_a^{e}}{aC_n^{e-1}}\right)+\frac{b}{1-b}=0 \qquad \ldots(37)$$

ข้อจำกัดด้านทรัพยากร

$$c_n+(\eta+\delta-1)(k_n+k_a)=y_n \qquad \ldots(38)$$

$$c_a = y_a \quad \ldots(39)$$

ฟังก์ชันการผลิตในสาขาเกษตรกรรมและที่ไม่ใช่สาขาเกษตรกรรม

$$y_a = \lambda_a k_a^{\mu} \left(\pi_a \bar{h}_a\right)^{\phi} t^{1-\mu-\phi} \quad \ldots(40)$$

$$y_n = \lambda_n k_n^{\theta} \left(\pi_n \bar{h}_n\right)^{1-\theta} \quad \ldots(41)$$

ดังนั้นเรามี 8 สมการและ 8 ตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ได้แก่ $\{c_a, c_n, k, k_{n,t}, \pi_a, \pi_n, y_a, y_n\}$ ซึ่งสามารถแก้ระบบสมการหาคำตอบได้

นิยามเพิ่มเติมว่าสัดส่วนของผลผลิตสาขาเกษตรต่อผลผลิตประชาชาติรวม $s_a \equiv \frac{p_a y_a}{p_a y_a + y_n}$ ซึ่ง $p_a = \frac{(1-a)c_a^{e-1}}{a c_n^{e-1}}$ และจากสมการที่ (35) (36) (37) (40) และ (41) ทำให้เราสามารถเขียนสัดส่วนของผลตอบแทนการจัดสรรระหว่างสินค้าเกษตรและสินค้าที่ไม่ใช่เกษตรในรูปของตัวแปร s_a ซึ่งเราสามารถเก็บข้อมูลได้และสัดส่วนของการจ้างงานต่อประชากรในแต่ละสาขา π_a และ π_n ดังนี้

$$(1-\mu) = \frac{1-s_a}{s_a} \frac{\pi_a}{\pi_n} (1-\theta) \frac{\ln(1-\bar{h}_a)}{\ln(1-\bar{h}_n)} \quad \ldots(42)$$

$$k_a = \frac{s_a}{1-s_a} \frac{\mu}{\theta} k_n \quad \ldots(43)$$

$$\lambda_n = \frac{s_a y_n}{p_a \bar{y}_a (1-s_a)} \quad \ldots(44)$$

บทที่ 3
การแก้ปัญหาผลเลิศเชิงพลวัตร

จากบทที่ 2 เราจะเห็นว่าระบบเศรษฐกิจจะเบี่ยงเบนออกจากดุลยภาพในระยะยาว เนื่องจากการรบกวนด้วย Technology shock ทำให้ผู้มีอำนาจกำหนดนโยบายทางสังคม (Social planner) ต้องจัดสรรทรัพยากรภายใต้ระบบที่อยู่ในลักษณะพลวัต โดยเขาจะจัดสรรจนกระทั่งตัวแทนผู้บริโภค (Representative consumer) มีความสุขตลอดชั่วอายุขัยที่เป็นนิรันดร์ ซึ่งเราจะเรียกภาวะการณ์นี้ว่า "ปัญหาผลเลิศในเชิงพลวัตร" (Dynamic optimization) ของตัวแทนผู้บริโภค สำหรับในบทที่ 3 นี้ผู้วิจัยจะนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา[1] ตามหัวข้อที่ 3.1 ถึง 3.4 ตามลำดับดังต่อไปนี้

เราเริ่มต้นด้วยแสดงการปรับปัญหาให้อยู่ในรูปที่เราจะเรียกว่า The optimal linear regulator problem ซึ่งแสดงในหัวข้อที่ 3.1 โดยแทนสมการเงื่อนไขที่ไม่ใช่สมการเส้นตรงลงในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ จากนั้นใช้การขยายอนุกรมลำดับที่สองรอบๆค่าดุลยภาพในระยะยาว (Steady state) ตามวิธีการของ Taylor โดยเราต้องคำนวณหาอนุพันธ์ลำดับที่ 1 และ 2 เทียบกับ k, z_n, z_a, k_n, π_n, π_a และ X_t ตามลำดับ รวมทั้งสร้างเมตริกซ์ตามแนวทางของ Taylor ตลอดจนสร้างเวกเตอร์ของตัวแปร State $(\boldsymbol{x_t})$ และเวกเตอร์ของตัวแปร Control $(\boldsymbol{u_t})$

หลังจากนั้นในหัวข้อที่ 3.2 ผู้วิจัยแสดงวิธีสร้างสมการ Bellman โดยสมมติว่า Value function $V(\boldsymbol{x_t})$ อยู่ในลักษณะสมการกำลังสองของเวกเตอร์ตัวแปร State นั่นคือ $V(\boldsymbol{x_t}) = \boldsymbol{x_t'}P\boldsymbol{x_t} + d$ จากนั้นแทนสมการ Transition เวกเตอร์ตัวแปร State ลงในสมการ Bellman และจากเงื่อนไขจำเป็น เมื่อเราหาอนุพันธ์เทียบกับ Control เวกเตอร์จะได้ Optimal control $(\boldsymbol{u_t^*})$ ที่แสดงถึงเวกเตอร์ของตัวแปร Control มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับ เวกเตอร์ของตัวแปร State ส่วนในหัวข้อที่ 3.3 นำวิธีการทำซ้ำ (Iteration) ของสมการ Ricatti มาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนด Optimal value function $\boldsymbol{P}$ ในหัวข้อสุดท้าย ผู้วิจัยนำเมตริกซ์ $\boldsymbol{P}$ แทนลงใน Optimal control จากนั้นแทน Optimal control ลงในสมการ Transition เราจะได้ State space representation ซึ่งเราจะนำไปใช้ในการจำลองแบบต่อไปในบทที่ 4

3.1 Optimal linear regulator problem

ก่อนอื่นเราจะปรับสมการวัตถุประสงค์ของตัวแทนผู้บริโภคโดยแทนสมการข้อจำกัดเข้าไปในตัวแปรการบริโภคสินค้าเกษตรและสินค้าที่ไม่ใช่เกษตร ซึ่งฟังก์ชันอรรถประโยชน์จะกลายเป็น

---

[1] ปรับปรุงมาจากงานของ จิรวัฒน์ (2542)

$$U=\sum_{t=0}^{\infty}\left(\frac{b}{e}\text{Log}\left(\begin{array}{c} a\left(\lambda_n e^{z_{n,t}}k_{n,t}^{\theta}\left(\pi_{n,t}\bar{h}_n\right)^{1-\theta}-x_t\right)^e \\ +(1-a)\left(\lambda_a e^{z_{a,t}}\left(k_t-k_{n,t}\right)^{\mu}\left(\pi_{a,t}\bar{h}_a\right)^{\phi}t^{1-\mu-\phi}\right)^e \\ +(1-b)\left(\pi_{n,t}\,\text{Log}\left(1-\bar{h}_n\right)+\pi_{a,t}\,\text{Log}\left(1-\bar{h}_a\right)\right)\end{array}\right)\right)$$

เราจะสังเกตเห็นว่า ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีความสัมพันธ์กับตัวแปรระดับเทคโนโลยีหรือผลิตภาพ (z_n, z_a) สต็อกทุน(k,k_n) การลงทุน (x) และความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะทำงานในสาขาที่ไม่ใช่เกษตรและสาขาเกษตร (π_n, π_a) และอาศัยคุณสมบัติการขยายอนุกรมลำดับที่สองรอบๆค่า ณ Steady state ตามแนวทางของ Taylor

$$U(k,z_n,z_a,k_n,\pi_n,\pi_a,x)\cong U(\bar{x})+U'(\bar{x})\begin{bmatrix}\tilde{k}\\ \tilde{z}_n\\ \tilde{z}_a\\ \tilde{k}_n\\ \tilde{\pi}_n\\ \tilde{\pi}_a\\ \tilde{x}\end{bmatrix}+\frac{1}{2}[\tilde{k}\quad \tilde{z}_n\quad \tilde{z}_a\quad \tilde{k}_n\quad \tilde{\pi}_n\quad \tilde{\pi}_a\quad \tilde{x}]U''(\bar{x})\begin{bmatrix}\tilde{k}\\ \tilde{z}_n\\ \tilde{z}_a\\ \tilde{k}_n\\ \tilde{\pi}_n\\ \tilde{\pi}_a\\ \tilde{x}\end{bmatrix} \quad ...(1)$$

$U'(\bar{x})$ และ $U''(\bar{x})$ หมายถึง อนุพันธ์ลำดับที่หนึ่ง และสองของเวกเตอร์ x_t รอบๆค่า Steady state ทั้งนี้กำหนดให้ $\tilde{s}$ หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนจากค่า Steady state $s = s_t - \bar{s},\ s \in \{k, z_n, z_a, k_n, \pi_n, \pi_a, x\}$

Jacobian เมตริกซ์ $U'(\bar{x})=\begin{bmatrix}U_k & U_{z_n} & U_{z_a} & U_{k_n} & U_{\pi_n} & U_{\pi_a} & U_x\end{bmatrix}'$

Hessian เมตริกซ์ $U''(\bar{x})=\begin{bmatrix}U_{kk} & U_{kz_n} & U_{kz_a} & U_{kk_n} & U_{k\pi_n} & U_{k\pi_a} & U_{kx}\\ U_{z_nk} & U_{z_nz_n} & U_{z_nz_a} & U_{z_nk_n} & U_{z_n\pi_n} & U_{z_n\pi_a} & U_{z_nx}\\ U_{z_ak} & U_{z_az_n} & U_{z_az_a} & U_{z_ak_n} & U_{z_a\pi_n} & U_{z_a\pi_a} & U_{z_ax}\\ U_{k_nk} & U_{k_nz_n} & U_{k_nz_a} & U_{k_nk_n} & U_{k_n\pi_n} & U_{k_n\pi_a} & U_{k_nx}\\ U_{\pi_nk_n} & U_{\pi_nz_n} & U_{\pi_nz_a} & U_{\pi_nk_n} & U_{\pi_n\pi_n} & U_{\pi_n\pi_a} & U_{\pi_nx}\\ U_{\pi_ak_n} & U_{\pi_az_n} & U_{\pi_az_a} & U_{\pi_ak_n} & U_{\pi_a\pi_n} & U_{\pi_a\pi_a} & U_{\pi_nx}\\ U_{xk_n} & U_{xz_n} & U_{xz_a} & U_{xk_n} & U_{x\pi_n} & U_{x\pi_a} & U_{xx}\end{bmatrix}$

5 370610 12

กำหนดให้ $\tilde{\boldsymbol{x}}$ และ $\tilde{\boldsymbol{u}}$ เป็น State และ Control เวกเตอร์ตามลำดับ ซึ่งแสดงส่วนที่ State variables และ Control variables เบี่ยงเบนออกจากค่า ณ Steady state

$$\tilde{\boldsymbol{x}}=\begin{bmatrix}1\\ \tilde{k}\\ \tilde{z}_n\\ \tilde{z}_a\end{bmatrix}\quad \tilde{\boldsymbol{u}}=\begin{bmatrix}\tilde{k}_n\\ \tilde{\pi}_n\\ \tilde{\pi}_a\\ \tilde{x}\end{bmatrix}$$ ฉะนั้นจากสมการที่ (1) จะได้

$$U(k,z_n,z_a,k_n,\pi_n,\pi_a,x)\cong U(\bar{\boldsymbol{x}})+U'(\bar{\boldsymbol{x}})\begin{bmatrix}\tilde{\boldsymbol{x}}\\ \tilde{\boldsymbol{u}}\end{bmatrix}+\frac{1}{2}[\tilde{\boldsymbol{x}}\quad \tilde{\boldsymbol{u}}]U''(\bar{\boldsymbol{x}})\begin{bmatrix}\tilde{\boldsymbol{x}}\\ \tilde{\boldsymbol{u}}\end{bmatrix} \quad ...(2)$$

เราปรารถนาที่จะปรับสมการที่ (2) ให้อยู่ในรูปกำลังสอง (Quadratic) เราจึงต้องกำหนด $\mathbf{R}$, $\mathbf{W}$, $\mathbf{Q}$ และ $\boldsymbol{\Gamma}$ ดังนี้

$$\mathbf{R}=\begin{bmatrix}2U(\bar{\boldsymbol{x}},\bar{\boldsymbol{u}}) & U_k & U_{z_n} & U_{z_a}\\ U_k & U_{kk} & U_{kz_n} & U_{kz_a}\\ U_{z_n} & U_{z_nk} & U_{z_nz_n} & U_{z_nz_a}\\ U_{z_a} & U_{z_ak} & U_{z_az_n} & U_{z_az_a}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}=\begin{bmatrix}U_{k_n} & U_{\pi_n} & U_{\pi_a} & U_x\\ U_{kk_n} & U_{k\pi_n} & U_{k\pi_a} & U_{kx}\\ U_{z_nk_n} & U_{z_n\pi_n} & U_{z_n\pi_a} & U_{z_nx}\\ U_{z_ak_n} & U_{z_a\pi_n} & U_{z_a\pi_a} & U_{z_ax}\end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Q}=\begin{bmatrix}U_{k_nk_n} & U_{k_n\pi_n} & U_{k_n\pi_a} & U_{k_nx}\\ U_{\pi_nk_n} & U_{\pi_n\pi_n} & U_{\pi_n\pi_a} & U_{\pi_nx}\\ U_{\pi_ak_n} & U_{\pi_a\pi_n} & U_{\pi_a\pi_a} & U_{\pi_ax}\\ U_{xk_n} & U_{x\pi_n} & U_{x\pi_a} & U_{xx}\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\Gamma}=\begin{bmatrix}\boldsymbol{R} & \mathbf{W}\\ \mathbf{W}' & \boldsymbol{Q}\end{bmatrix}$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 2\bar{U} & U_k & U_{z_n} & U_{z_a} & U_{k_n} & U_{\pi_n} & U_{\pi_a} & U_x \\ U_k & U_{kk} & U_{kz_n} & U_{kz_a} & U_{kk_n} & U_{k\pi_n} & U_{k\pi_a} & U_{kx} \\ U_{z_n} & U_{z_nk} & U_{z_nz_n} & U_{z_nz_a} & U_{z_nk_n} & U_{z_n\pi_n} & U_{z_n\pi_a} & U_{z_nx} \\ U_{z_a} & U_{z_ak} & U_{z_az_n} & U_{z_az_a} & U_{z_ak_n} & U_{z_a\pi_n} & U_{z_a\pi_a} & U_{z_ax} \\ U_{k_n} & U_{kk_n} & U_{z_nk_n} & U_{z_ak_n} & U_{k_nk_n} & U_{k_n\pi_n} & U_{k_n\pi_a} & U_{k_nx} \\ U_{\pi_n} & U_{k\pi_n} & U_{z_n\pi_n} & U_{z_a\pi_n} & U_{\pi_nk_n} & U_{\pi_n\pi_n} & U_{\pi_n\pi_a} & U_{\pi_nx} \\ U_{\pi_a} & U_{k\pi_a} & U_{z_n\pi_a} & U_{z_a\pi_a} & U_{\pi_ak_n} & U_{\pi_a\pi_n} & U_{\pi_a\pi_a} & U_{\pi_ax} \\ U_x & U_{kx} & U_{z_nx} & U_{z_ax} & U_{xk_n} & U_{x\pi_n} & U_{x\pi_a} & U_{xx} \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์ $\mathbf{R}, \mathbf{W}, \mathbf{Q}$ และ $\boldsymbol{\Gamma}$ มีขนาด $4 \times 4, 4 \times 4, 4 \times 4$ และ 8×8 ตามลำดับ $\mathbf{R}$ และ $\mathbf{Q}$ เป็นเมตริกซ์สมมาตรที่มีคุณสมบัติ Negative semidefinite และ Negative definite ตามลำดับ ฉะนั้นเราสามารถปรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้อยู่ในรูปกำลังสอง (Quadratic) ตามสมการข้างล่าง

$$\frac{1}{2}[\tilde{\boldsymbol{x}}_t' \quad \tilde{\boldsymbol{u}}_t']\Gamma\begin{bmatrix}\tilde{\boldsymbol{x}}_t \\ \tilde{\boldsymbol{u}}_t\end{bmatrix} = \frac{1}{2}\tilde{\boldsymbol{x}}_t'\boldsymbol{R}\tilde{\boldsymbol{x}}_t + \tilde{\boldsymbol{u}}_t'\boldsymbol{W}\tilde{\boldsymbol{x}}_t + \frac{1}{2}\tilde{\boldsymbol{u}}_t'\boldsymbol{Q}\tilde{\boldsymbol{u}}_t \qquad \ldots(3)$$

ดังนั้นปัญหาการคาดการณ์อรรถประโยชน์สูงสุดของตัวแทนผู้บริโภคตลอดชั่วอายุขัยที่เป็นนิรันดร์เปลี่ยนมาอยู่ในรูป The optimal linear regulator problem ทำให้ผู้มีอำนาจกำหนดนโยบายทางสังคม (Social planner) ก็จะเลือกจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสมหรือก็คือการแก้ปัญหาผลเลิศ (Optimization) ตามสมการข้างล่างนี้

$$\underset{\{\tilde{\boldsymbol{u}}_t\}_{t=0}^{\infty}}{\text{Max}} \; E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \hat{\beta}^t \left(\frac{1}{2}\tilde{\boldsymbol{x}}_t'\mathbf{R}\tilde{\boldsymbol{x}}_t + \tilde{\boldsymbol{u}}_t'\mathbf{W}\tilde{\boldsymbol{x}}_t + \frac{1}{2}\tilde{\boldsymbol{u}}_t'\mathbf{Q}\tilde{\boldsymbol{u}}_t\right) \qquad \ldots(4)$$

$$\text{Subject to } \tilde{\boldsymbol{x}}_{t+1} = \mathbf{A}\tilde{\boldsymbol{x}}_t + \mathbf{B}\tilde{\boldsymbol{u}}_t + \mathbf{C}\boldsymbol{\varepsilon}_{t+1}$$

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (1\text{-}\delta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho_{nn} & \rho_{na} \\ 0 & 0 & \rho_{an} & \rho_{aa}\end{bmatrix} \mathbf{B}=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix} \mathbf{C}=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}_{t+1}=\begin{bmatrix}0 \\ 0 \\ \varepsilon_{n,t+1} \\ \varepsilon_{a,t+1}\end{bmatrix}$$

3.2 Stochastic dynamic programming method

มาถึงขั้นนี้เราได้เปลี่ยนรูปแบบของปัญหาผลเลิศของตัวแทนผู้บริโภคมาอยู่ในรูปสมการที่ (4) งานของเราคือต้องหาคำตอบของปัญหานี้ โดยเริ่มต้นด้วยกำหนดสมการ Bellman และสมมติว่า Value function อยู่ในรูปสมการกำลังสอง

$$V(\tilde{x}) = \tilde{x}'\mathbf{P}\tilde{x} + d$$

ซึ่งเมตริกซ์ $\mathbf{P}$ หมายถึงคำตอบของสมการ Ricatti สมการนี้จะถูกอธิบายในหัวข้อต่อไป $\mathbf{P}$ มีขนาด 4×4 รวมทั้งมีคุณสมบัติ Negative semidefinite

$$d = \hat{\beta}(1-\hat{\beta})^{-1} tr\mathbf{P}\boldsymbol{\Sigma}$$

โดยที่ tr หมายถึง trace ของเมตริกซ์ $\mathbf{P}$ $\boldsymbol{\Sigma}$ หมายถึงเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

ถ้าเรากำหนดค่าเริ่มต้นเป็น $\tilde{x}_0$ แล้ว $V(\tilde{x}_0)$ จะเป็นความสุขสูงสุดที่ Social planner เลือกให้กับตัวแทนผู้บริโภค รายละเอียดของการคำนวณมีดังต่อไปนี้ กำหนดให้สมการ Bellman เป็นไปตามสมการข้างล่าง

$$\tilde{x}'\mathbf{P}\tilde{x} + d = \underset{\{\tilde{u}_t\}_{t=0}^{\infty}}{\text{Max}} \left[\tilde{x}_t'\mathbf{R}\tilde{x}_t + 2\tilde{u}_t'\mathbf{W}\tilde{x}_t + \tilde{u}_t'\mathbf{Q}\tilde{u}_t + \hat{\beta}E(\tilde{x}_{t+1}'\mathbf{P}\tilde{x}_{t+1}) + \hat{\beta}d\right]$$
$$\text{Subject to } \tilde{x}_{t+1} = \mathbf{A}\tilde{x}_t + \mathbf{B}\tilde{u}_t + \mathbf{C}\varepsilon_{t+1}$$

จากสมการ Bellman กำจัด State variables ที่อยู่ในช่วงเวลาถัดไป $E(\tilde{x}_{t+1}'\mathbf{P}\tilde{x}_{t+1})$ โดยอาศัยสมการข้อจำกัด $\tilde{x}_{t+1} = \boldsymbol{A}\tilde{x}_t + \boldsymbol{B}\tilde{u}_t + \boldsymbol{C}\boldsymbol{\varepsilon}_{t+1}$

$$E(\tilde{x}_{t+1}'\mathbf{P}\tilde{x}_{t+1}) = E\left((\mathbf{A}\tilde{x}_t + \mathbf{B}\tilde{u}_t + \mathbf{C}\varepsilon_{t+1})'\mathbf{P}(\mathbf{A}\tilde{x}_t + \mathbf{B}\tilde{u}_t + \mathbf{C}\varepsilon_{t+1})\right)$$

$$= E\left((\tilde{x}_t'\boldsymbol{A}' + \tilde{u}_t'\boldsymbol{B}' + \boldsymbol{\varepsilon}_{t+1}'\boldsymbol{C}')\mathbf{P}(\mathbf{A}\tilde{x}_t + \mathbf{B}\tilde{u}_t + \mathbf{C}\varepsilon_{t+1})\right)$$

$$= \tilde{x}_t'\boldsymbol{A}'\mathbf{P}\mathbf{A}\tilde{x}_t + \tilde{u}_t'\boldsymbol{B}'\mathbf{P}\mathbf{B}\tilde{u}_t + 2\tilde{u}_t'\boldsymbol{B}'\boldsymbol{P}\boldsymbol{A}\tilde{x}_t' + \mathrm{E}_t(\boldsymbol{\varepsilon}_{t+1}'\boldsymbol{C}'\boldsymbol{P}\mathbf{C}\varepsilon_{t+1})$$

แทนในสมการ Bellman จะได้

$$\tilde{x}_{t+1}'\mathbf{P}\tilde{x}_{t+1} + d$$
$$= \underset{\{\tilde{u}_t\}_{t=0}^{\infty}}{\text{Max}} \left[\tilde{x}_t'\mathbf{R}\tilde{x}_t + 2\tilde{u}_t'\mathbf{W}\tilde{x}_t + \tilde{u}_t'\mathbf{Q}\tilde{u}_t + \tilde{x}_t'\boldsymbol{A}'\mathbf{P}\mathbf{A}\tilde{x}_t + \tilde{u}_t'\boldsymbol{B}'\mathbf{P}\mathbf{B}\tilde{u}_t + 2\tilde{u}_t'\boldsymbol{B}'\boldsymbol{P}\boldsymbol{A}\tilde{x}_t' + \mathrm{E}_t(\boldsymbol{\varepsilon}_{t+1}'\boldsymbol{C}'\boldsymbol{P}\mathbf{C}\varepsilon_{t+1}) + \hat{\beta}d\right]$$

จากสมการซึ่งแสดงการวิเคราะห์ปัญหาผลเลิศข้างต้น เราหาเงื่อนไขจำเป็นโดยคำนวณอนุพันธ์ลำดับที่ 1 เทียบกับ $\tilde{u}_t$ (Control vector) เพื่อแสดง Optimal policy function รายละเอียดดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \tilde{x}'_t P \tilde{x}_t}{\partial \tilde{u}_t} = 0$$

$$\frac{\partial 2\tilde{u}'_t W \tilde{x}_t}{\partial \tilde{u}_t} + \frac{\partial \tilde{u}'_t Q \tilde{u}_t}{\partial \tilde{u}_t} + \frac{\partial 2\beta \tilde{u}'_t B'PA \tilde{x}'_t}{\partial \tilde{u}_t} + \frac{\partial \beta \tilde{u}'_t B'PB \tilde{u}_t}{\partial \tilde{u}_t} = 0$$

$$2(2W\tilde{x}_t) + 2Q\tilde{u}_t + 2(2\beta B'PA\tilde{x}_t) + 2\beta B'PB\tilde{u}_t = 0$$

$$W\tilde{x}_t + \frac{Q\tilde{u}_t}{2} + \beta B'PA\tilde{x}_t + \frac{\beta B'PB\tilde{u}_t}{2} = 0$$

$$(Q+\beta B'PB)\tilde{u}_t = -W\tilde{x}_t - \beta B'PA\tilde{x}_t$$

$$(Q+\beta B'PB)^{-1}(Q+\beta B'PB)\tilde{u}_t = -(Q+\beta B'PB)^{-1}(W+\beta B'PA)\tilde{x}_t$$

$$\tilde{u}_t^* = -(Q+\beta B'PB)^{-1}(W+\beta B'PA)\tilde{x}_t$$

$$\tilde{u}_t^* = -F\tilde{x}_t \qquad ...(5)$$

สมการที่ (5) จะเห็นได้ว่าOptimal control หรือOptimal policy function แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่าง Control variables กับ State variables

3.3 การหา Value function โดยอาศัยสมการ Ricatti

นำค่า u_t^* ในสมการที่ (5) ลงในสมการ Bellman และหารด้วย $\tilde{x}'_t \tilde{x}_t$ จะได้

$$\tilde{x}'_t P\tilde{x}_t = \tilde{x}'_t R\tilde{x}_t + \left[-2(F\tilde{x}_t)'W\tilde{x}_t\right] + \left[(-F\tilde{x}_t)'Q(-F\tilde{x}_t)\right] + \left[-2(F\tilde{x}_t)'\beta B'PA\tilde{x}'_t\right] + \left[-(F\tilde{x}_t)'\beta B'PB(-F\tilde{x}_t)\right] + \left[\tilde{x}'_t \beta A'PA'\tilde{x}_t\right]$$

$$\frac{\tilde{x}'_t P \tilde{x}_t}{\tilde{x}'_t \tilde{x}_t} = \frac{\tilde{x}'_t R \tilde{x}_t}{\tilde{x}'_t \tilde{x}_t} - \frac{2\tilde{x}'_t F'W \tilde{x}_t}{\tilde{x}'_t \tilde{x}_t} + \frac{\tilde{x}'_t F'QF \tilde{x}_t}{\tilde{x}'_t \tilde{x}_t} - \frac{2\tilde{x}'_t \beta F'B'P \tilde{x}_t A}{\tilde{x}'_t \tilde{x}_t} + \frac{\tilde{x}'_t F'\beta B'PBF \tilde{x}_t}{\tilde{x}'_t \tilde{x}_t} + \frac{\tilde{x}'_t \beta A'PA \tilde{x}_t}{\tilde{x}'_t \tilde{x}_t}$$

$$P = R - 2F'W + F'QF - 2\beta F'B'PA + \beta F'B'PBF + \beta A'PA$$

แทนค่า $F = (W+\beta B'PA)(Q+\beta B'PB)^{-1}$ ลงใน P ข้างต้น รวมทั้งจัดรูปใหม่จะได้สมการ Ricatti ดังนี้

$$P = R + \beta A'PA - 2F'W - 2\beta F'B'PA + F'QF + \beta F'B'PBF$$

$$= R + \beta A'PA - 2F'(W+\beta B'PA) + F'(Q+\beta B'PB)F$$

$$= R + \beta A'PA - 2F'(W+\beta B'PA) + F'(Q+\beta B'PB)(Q+\beta B'PB)^{-1}(W+\beta B'PA)$$

$$= R + \beta A'PA - F'(W+\beta B'PA)$$

$$= R + \beta A'PA - (W+\beta B'PA)'(Q+\beta B'PB)^{-1}(W+\beta B'PA)$$

$$P = R + \beta A'PA - (W'+\beta A'PB)(Q+\beta B'PB)^{-1}(W+\beta B'PA) \quad ...(6)$$

เราเรียกสมการที่ (6) ว่าสมการ Ricatti สังเกตว่าแต่ละเมตริกซ์ถูกกำหนดด้วยค่าของ State variables ณ Steady state ทั้งนี้ P เป็นเมตริกซ์สมมาตรขนาด 4×4 ที่มีคุณสมบัติ Negative semidefinite และ d มีคุณสมบัติ Negative definite ทั้งนี้เราสามารถคำนวณค่า P และ d ได้จาก Limit point ของสมการข้างล่าง โดยเริ่มต้นที่ $P_0 = 0$ และ $d_0 = 0$ หรือก็คือการทำซ้ำ (Iteration) สมการข้างล่าง[2]

$$P_{j+1} = R + \beta A'P_jA - (W'+\beta A'P_jB)(Q+\beta B'P_jB)^{-1}(W+\beta B'P_jA) \quad ...(6)$$

$$d_{j+1} = \beta(1-\beta)^{-1}\pi P_j C'\sum C \quad ...(7)$$

---

[2] งานวิจัยนี้คำเนินตาม จิรวัฒน์ (2542) กล่าวคือใช้ Doubling algorithm แทนการ Iterative สมการที่ (6) และ (7) ตรงๆ ซึ่งการจำลองแบบจะมีประสิทธภาพสูงกว่า

3.4 State Space Representation

เมื่อผู้วิจัยแทนเมตริกซ์ P ลงใน Optimal control ($\tilde{u}_t^* = -F\tilde{x}_t$) จากนั้นนำ $\hat{u}_t^*$ แทนลงในสมการเวกเตอร์ของ State variables จะได้

$$\tilde{x}_{t+1} = A\tilde{x}_t - BF\tilde{x}_t + C\varepsilon_{t+1}$$

$$\tilde{x}_{t+1} = (A - BF)\tilde{x}_t + C\varepsilon_{t+1}$$

$$\tilde{x}_{t+1} = A^0\tilde{x}_t + C\varepsilon_{t+1} \text{ ซึ่ง } A^0 = (A - BF) \quad \ldots(8)$$

เราเรียกสมการที่ (8) ว่าเป็น Stochastic, optimal closed-loop system ถ้า $\lim_{t\to\infty} \tilde{x}_t = 0$ โดยเริ่มต้นจาก $\tilde{x}_0 \in \Re^n$ แล้วระบบจะมีเสถียรภาพ กล่าวคือแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจลู่เข้าหา (Converge) ค่าของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาค ณ Steady state

ดังนั้นผลลัพธ์การแก้ปัญหาผลเลิศของตัวแทนผู้บริโภคด้วยวิธี Linear quadratic แสดงได้ด้วย State space representation ตามสมการข้างล่าง

$$\tilde{x}_{t+1} = A^0\tilde{x}_t + C\varepsilon_{t+1} \quad \ldots(9)$$

$$\tilde{u}_t^* = G\tilde{x}_t \quad \text{ซึ่ง } G = -F \text{ (Gain matrix)} \quad \ldots(10)$$

เราเรียกสมการที่ (9) ว่า State equation หรือ Transition equation และเรียกสมการที่ (10) ว่า Observation equation ซึ่งเราจะนำไปใช้ในการจำลองแบบต่อไปในบทที่ 4

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยได้แบบจำลองเชิงทฤษฎี (Theoretical model) ที่แสดงผ่าน State space representation แล้วจากบทที่ 3 ในบทที่ 4 นี้ผู้วิจัยจะเริ่มทำการทดลอง (Experiment) เพื่อนำไปสู่คำตอบของงานวิจัย ซึ่งถ้าผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะทางสถิติของวัฏจักรธุรกิจค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลจริงย่อมแสดงว่าแบบจำลองที่มีสาขาเกษตรรวมอยู่ด้วยนั้นมีความเหมาะสมในการอธิบายปรากฏการณ์ของความผันผวนของเศรษฐกิจไทย และจะนำเราไปสู่ข้อสรุปว่าการที่วัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตรมีความผันผวนสูงกว่าวัฏจักรธุรกิจที่ไม่ใช่สาขาเกษตรนั้น เนื่องมาจาก Technology shock ตลอดจนเป็นการยืนยันว่าภาคเกษตรมีบทบาทสำคัญในการอธิบายเรื่องความผันผวนของเศรษฐกิจไทย

ขั้นตอนการทดลองเริ่มต้นด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับประเทศไทย การกระทำเช่นนี้เราเรียกว่า Calibration อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ที่ใช้บางค่าจำเป็นต้องยืมมาจากงานวิจัยในกรณีของสหรัฐอเมริกา รายละเอียดจะนำเสนอในส่วนที่ 4.1 หลังจากนั้นผู้วิจัยจะจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีแรกผู้วิจัยกำหนดให้เกิด Technology shock ทั้งในสาขาเกษตรและไม่ใช่เกษตรกระทบต่อแบบจำลองเป็นระยะเวลา 30 ช่วงเวลา แล้วสังเกตความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจไทยว่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูลจริงในบทที่ 1 นอกจากนี้การทดลองในกรณีที่สองผู้วิจัยกำหนดให้ Technology shock ทั้งในสาขาเกษตรและไม่ใช่เกษตรกระทบต่อแบบจำลองในระยะเวลาแรกเท่านั้น แล้วสังเกตว่าวัฏจักรธุรกิจที่เกิดจากแบบจำลองนี้มีการลู่เข้า (Convergence) สู่ ณ Steady state อย่างไร ซึ่งในการจำลองสถานการณ์ทั้งสองนี้ถูกนำเสนอในส่วนที่ 4.2 และสุดท้ายผู้วิจัยจะแสดงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Sensitivity analysis) สำหรับพารามิเตอร์บางตัวเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Calibration)

ค่าพารามิเตอร์ γ, η และ $1-\theta$ ได้มาจากค่าเฉลี่ยของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาค ซึ่งนำมาจากบัญชีรายได้ประชาชาติของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ส่วน $\overline{h}_n$ และ $1-\phi-\mu$ ผู้วิจัยได้ยืมมาจากงานวิจัยในอดีตของสหรัฐอเมริกา ส่วนค่าพารามิเตอร์ λ_n และ T Normalization ให้เท่ากับ 1 สำหรับค่าพารามิเตอร์อีกกลุ่มหนึ่ง ได้แก่ δ, β, λ_a และ b ผู้วิจัยกำหนดให้สอดคล้องกับตัวแปรที่เราตั้งเป้าหมายไว้ เช่น อัตราค่าเสื่อมราคาจะสอดคล้องกับสัดส่วนการลงทุนต่อผลผลิตประชาชาติ (ตารางที่ 4.1)

ค่าเมตริกซ์ $\boldsymbol{\rho}$ ในสมการที่ (5) ของบทที่ 2 ผู้วิจัยได้ประมาณโดยอาศัยแบบจำลอง Vector Autoregrssive หรือ VAR model เริ่มต้นด้วยการคำนวณอนุกรมเวลาระดับเทคโนโลยีในสาขาเกษตรและไม่ใช่สาขาเกษตร $\mathbf{z_t} \equiv \begin{pmatrix} z_{n,t} \\ z_{a,t} \end{pmatrix}$ ตามแนวทางของ Da-Rocha and Restuccia (2006) กล่าวคือ

$$z_{i,t} = log(RGDP_{i,t}) - log(p_{i,t}) - \vartheta_i log\,(L_{i,t})$$

ซึ่ง $i \in \{a, n\}$ และ $RGDP_i$ หมายถึงผลผลิตประชาชาติที่แท้จริง (ณ ราคาคงที่ปี 1988) ในแต่ละสาขา p_a หมายถึงราคาเปรียบเทียบระหว่าง GDP Deflator ในสาขาเกษตรและ GDP Deflator ขณะที่ p_n ถูก Normalize ให้เท่ากับ 1 L_i หมายถึงการจ้างงานในแต่ละสาขา และϑ_a หมายถึง ϕ ส่วน ϑ_n หมายถึง $1 - \theta$ เมื่อได้ $\mathbf{z_t}$ แล้ว[1] นำมาประมาณตามสมการ[2] $\mathbf{z_{t+1}} = \boldsymbol{\rho}\mathbf{z_t} + \boldsymbol{\varepsilon_{t+1}}$ เราจะได้เมตริกซ์ $\hat{\boldsymbol{\rho}}$ ดังนี้

$$\hat{\boldsymbol{\rho}} = \begin{bmatrix} 0.851 & 0.403 \\ (0.077) & (0.133) \\ & \\ 0.084 & 0.497 \\ (0.047) & (0.081) \end{bmatrix}$$

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error) ของค่าประมาณพารามิเตอร์ และเมตริกซ์ความแปรปรวนของ Residual แสดงได้ตามสมการข้างล่าง

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} 0.001997 & 0.000653 \\ 0.000653 & 0.005863 \end{bmatrix}$$

สังเกตว่า $\hat{\rho}_{n,,a} \neq 0$ ซึ่งสะท้อนถึง Spillover Effect ของเทคโนโลยีระหว่างสาขาเกษตรและไม่ใช่สาขาเกษตร สำหรับ $V_{n,n}$ และ $V_{a,a}$ แสดงให้เห็นว่า Technology shock ในสาขาเกษตรมีความแปรปรวนสูงกว่าในสาขาที่ไม่ใช่เกษตรโดยเปรียบเทียบ นอกจากนี้ $V_{n,a}$ และ $V_{a,n}$ มีนัยว่า Technology shock ระหว่างสาขาก็มีสหสัมพันธ์กัน

---

[1] รายละเอียดของข้อมูลในการหาค่า Solow residual ดูจากตารางผนวกที่ ข. 8 และ 9

[2] รายละเอียดของผลการประมาณดูจากตารางผนวกที่ ข. 10

ตารางที่ 4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	นิยามเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์	แหล่งที่มาของข้อมูล	ค่า
$\bar{h}_n$	จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่แรงงานทำงานในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร	Da-Rocha and Restuccia (2006)	0.5
η	อัตราการเติบโตเฉลี่ย ของประชากรตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	สำนักงานสถิติแห่งชาติ (ตารางผนวกที่ ข. 1)	0.02
$1-\theta$	สัดส่วน Compensation of Employees in Non-Agriculture เฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	สภาพัฒน์ฯ (ตารางผนวกที่ ข. 2)	0.89
ϕ	สัดส่วน Compensation of Employees in Agriculture เฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	สภาพัฒน์ฯ (ตารางผนวกที่ ข. 2)	0.07
$1-\phi-\mu$	สัดส่วนค่าเช่าที่ดินทางการเกษตรต่อรายได้ที่ปัจจัยการผลิตได้รับ	Da-Rocha and Restuccia (2006)	0.1
s_a	สัดส่วนผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตรต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004	สภาพัฒน์ฯ (ตารางผนวกที่ ข. 3)	0.17
λ_n	Time Invariant Technology Parameter	Normalization	1
T	ที่ดิน	Normalization	1
a	Preference parameter	Normalization	0.5
พารามิเตอร์	**กำหนดเป้าหมายเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์**	**แหล่งที่มาของข้อมูล**	**ค่า**
δ	สัดส่วนเฉลี่ยการลงทุนต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004 = 28%	สภาพัฒน์ฯ (ตารางผนวกที่ ข. 4)	0.56
β	สัดส่วนสต็อกทุนต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004 = 3.42	สภาพัฒน์ฯ (ตารางผนวกที่ ข. 5)	0.99
$\bar{h}_a$	จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่แรงงานทำงานในสาขาเกษตร	Da-Rocha and Restuccia (2006)	0.36
λ_a	สัดส่วนการจ้างงานในสาขาเกษตรต่อการจ้างงานรวมเฉลี่ย $\pi_a = 0.55$	สำนักงานสถิติแห่งชาติ (ตารางผนวกที่ ข. 6)	0.83
b	สัดส่วนการจ้างงานต่อกำลังแรงงานเฉลี่ย = 95%	สำนักงานสถิติแห่งชาติ (ตารางผนวกที่ ข. 7)	0.52
e	ความยืดหยุ่นของอัตราการทดแทนระหว่างการบริโภคสินค้าเกษตรและสินค้าที่ไม่ใช่เกษตร	Da-Rocha and Restuccia (2006)	0.52

4.2 ผลการจำลองสถานการณ์

จากค่าพารามิเตอร์ในหัวข้อที่แล้ว ผู้วิจัยนำมาเพื่อใช้ในการทดลองแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจ 2 สาขา โดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกผู้วิจัยต้องใช้ Mathematica Program เพื่อคำนวณค่าอนุพันธ์ลำดับที่ 1 และ 2 หลังจากนั้นนำไปใช้ในการสร้าง Jacobain และ Hessian Matrix ในขั้นที่สอง ซึ่งผู้วิจัยใช้ Matlab Program และสำหรับในการจำลองสถานการณ์นั้น[3] เราสั่งให้โปรแกรมสร้างตัวแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนคงที่เท่ากับ 1 และนำเมตริกซ์ V ที่แยกองค์ประกอบด้วยวิธี Choleski แล้วมาคูณ ซึ่งจะทำให้ตัวแปรสุ่มนี้คือ Technological shock ในสาขาที่ไม่ใช่เกษตรและสาขาเกษตรของประเทศไทย ทั้งนี้กำหนดให้ shock กระทบกับเศรษฐกิจทุกๆช่วงเวลาใน 100 ช่วงเวลา ผลการจำลองสถานการณ์แสดงในตารางที่ 4.2

เมื่อพิจารณาผลการจำลองเทียบกับข้อมูลจริง หรือ Stylized fact โดยภาพรวม สามารถกล่าวได้ว่าการจำลองสถานการณ์แสดงผลลัพธ์ที่ค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลจริงของประเทศไทย ดังนั้นแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจที่เพิ่มเงื่อนไขให้ตัวแทนผู้บริโภค (Representative consumer) สามารถเลือกบริโภคระหว่างสินค้าเกษตรและสินค้าที่ไม่ใช่เกษตร ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาของไทย กล่าวคือแบบจำลองนี้ย่อมมีความน่าเชื่อถือในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเศรษฐกิจมหภาคของประเทศไทย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ภาคเกษตรกรรมมีบทบาทสำคัญในการอธิบายความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจไทย ซึ่งในกรณีของความผันผวนนั้น แบบจำลองก็แสดงให้เห็นชัดว่าวัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติในสาขาเกษตรมีความผันผวนสูงกว่าสาขาอื่นๆ ซึ่งก็สอดคล้องกับข้อมูลจริงของประเทศไทย รวมทั้งความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติที่จำลองได้ก็สอดคล้องกับสถานการณ์จริงของไทย กล่าวคือ เศรษฐกิจไทยมีความผันผวนประมาณร้อยละ 3 ฉะนั้นเราสามารถตอบคำถามของงานวิจัยว่าต้นเหตุความผันผวนมาจาก Technological shock หรือความผันผวนของ Solow residual อย่างไรก็ตามแบบจำลองไม่อาจแสดงให้เห็นเป็นประจักษ์ว่าผลผลิตสาขาเกษตรผันผวนมากกว่าผลผลิตรวม

สำหรับประเด็นเรื่องสหสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรธุรกิจในช่วงเวลาปัจจุบันและช่วงเวลาย้อนหลัง 1, 2 และ 3 ช่วงเวลา (Autocorrelation) ซึ่งเป็นการแสดงถึง Persistence ของวัฏจักรนั้น พบว่าแบบจำลองแสดงผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลจริงในประเด็นที่ว่าวัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติทั้งภาพรวม สาขาเกษตร และที่ไม่ใช่สาขาเกษตรมีสหสัมพันธ์แนบแน่นอยู่กับในช่วงเวลาย้อนหลังไป 1 ช่วงเวลา มากกว่าช่วงเวลาที่เหลือ อย่างไรก็ตามทิศทางของสหสัมพันธ์กับช่วงเวลาย้อนหลัง 2 และ 3 ช่วงเวลานั้น แบบจำลองไม่สามารถจำลองสถานการณ์ได้สอดคล้องกับความจริงของเศรษฐกิจไทย ขณะที่ค่าจำลองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรธุรกิจผลผลิตสาขาเกษตรและสาขาที่ไม่ใช่เกษตรเทียบกับผลผลิตรวม พบว่าสอดคล้องกับ Stylized fact ในประเด็นที่ว่าวัฏจักรทั้งสองมีลักษณะเคลื่อนไหวในทิศเดียวกับผลผลิตรวม กล่าวคือ ทั้งสาขาเกษตรและไม่ใช่สาขาเกษตรต่างก็เป็น Procuclical ทั้งคู่

---

[3] รายละเอียดของชุดคำสั่งในโปรแกรม Mathematica และ Matlab แสดงในภาคผนวก ค.

ผู้วิจัยทำการทดลองเกี่ยวกับการตอบสนองเชิงพลวัต (Dynamic responses) เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจที่เราจำลองขึ้นมานั้นในระยะยาวแล้วลู่เข้าหา (Converge) ค่าของตัวแปร ณ Steady state หรือไม่ โดยเรากำหนดให้เกิด Technological shcok ทางบวกในช่วงเวลาแรกเท่านั้น แล้วสังเกตการตอบสนองของตัวแปร ผลการทดลองพบว่าตัวแปรระดับเทคโนโลยีหรือก็คือ Solow residual ทั้งสองสาขาตอบสนองในทางบวก และในช่วงเวลาต่อมาผลของ Shock ก็สืบเนื่องมาเรื่อยๆ แต่ก็ลู่กลับเข้าสู่ Steady state ในที่สุด (รูปภาพที่ 4.1) สำหรับตัวแปรผลผลิตประชาชาติก็แสดงการตอบสนองเช่นเดียวกันกับ Solow residual (รูปภาพที่ 4.2) นอกจากนี้ผู้วิจัยนำเสนอการตอบสนองเชิงพลวัตรของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคที่สำคัญ ได้แก่ สต็อกทุน การจ้างงาน การบริโภค และการลงทุน ซึ่งการตอบสนองของตัวแปรทุกตัวนั่นลู่เข้าค่า Steady state ในที่สุด (รูปภาพที่ 4.3) ดังนั้นแบบจำลองที่เราจำลองขึ้นมานี้สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีเศรษฐศาสตร์มหภาคสำนักวัฏจักรธุรกิจ ซึ่งกล่าวว่าความผันผวนของวัฏจักรธุรกิจนั้นเป็นเพียงการตอบสนองในระยะสั้น แต่จะลู่เข้าหาดุลยภาพในระยะยาว ผลการศึกษานี้ก็เป็นการยืนยันว่าแบบจำลองที่มีทั้งสาขาเกษตรด้วยนั้นมีความน่าเชื่อถือในการอธิบายปรากฏการณ์ของความผันผวนของเศรษฐกิจไทย

4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์

งานส่วนสุดท้ายของการทดลองก็คือ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลลัพธ์ที่ได้ โดยผู้วิจัยทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ โดยเลือกทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว ได้แก่ a และ e ซึ่งพารามิเตอร์ทั้ง 2 ตัวนี้ปรากฏในสมการการเลือกระหว่างการบริโภคสินค้าเกษตรและที่ไม่ใช่สินค้าเกษตร นั่นคือระดับการบริโภคมวลรวมเกิดขึ้นจาก $C_t=\left(aC_{n,t}^{e}+(1\text{-}a)C_{a,t}^{e}\right)^{\frac{1}{e}}$ โดยที่ a หมายถึง Preference parameter และเราสมมติว่ามีการกระจายแบบปกติและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 (Normalization) ซึ่งเราใช้เป็นตัวแทนของพารามิเตอร์นี้ได้ ส่วน e หมายถึงค่าความยืดหยุ่นของอัตราการทดแทนระหว่างการบริโภคสินค้าเกษตรและสินค้าที่ไม่ใช่เกษตร โดยผู้วิจัยได้ยืมค่านี้มาจากงานวิจัยในอดีต

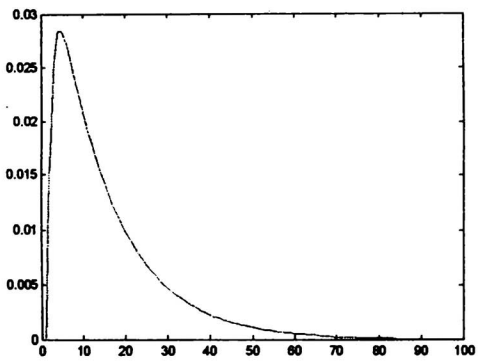
เมื่อผู้วิจัยทดลองเปลี่ยนค่า Preference parameter (a) โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์นี้เปลี่ยนแปลงไป 3 สถานการณ์ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 0.7 ซึ่งแต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยจะทำการจำลอง 20 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจำลองแบบ ผลการจำลองสถานการณ์ค่อนข้างอ่อนไหวต่อพารามิเตอร์ตัวนี้ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะเมื่อผู้วิจัยปรับค่านี้ไปเป็น 0.7 จะส่งผลให้คุณลักษณะทางสถิติของวัฏจักรธุรกิจในสาขาที่ไม่ใช่เกษตรเปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดเจน (ตารางที่ 4.3) โดยวัฏจักรธุรกิจของผลผลิตสาขาที่ไม่ใช่เกษตรกลับกลายเป็นเคลื่อนไหวในลักษณะที่มีทิศทางตรงข้ามกับวัฏจักรธุรกิจของผลผลิตรวม (Countercyclical) (ตารางที่ 4) ดังนั้นเราอาจกล่าวได้ว่าค่า Preference parameter (a) ที่กำหนดให้เท่ากับ 0.5 ก็เหมาะสมพอสมควร สำหรับค่าความยืดหยุ่นของอัตราการทดแทนระหว่างการบริโภคสินค้าเกษตรและสินค้าที่ไม่ใช่เกษตร (e) ผู้วิจัยทดลองกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์นี้เปลี่ยนแปลงไป

ถึง 6 สถานการณ์ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 0.7 ผลการจำลองสถานการณ์พบว่าผลลัพธ์ไม่มีความแตกต่างจากสถานการณ์เดิมมากนัก ดังนั้นเราอาจกล่าวได้ว่าการที่การศึกษาครั้งนี้ได้ยืมค่าพารามิเตอร์ e มาจากงานวิจัยในอดีตก็ไม่ก่อให้เกิดผลที่บิดเบือนสำหรับการศึกษาวัฏจักรธุรกิจของประเทศไทย (ตารางที่ 4.4)

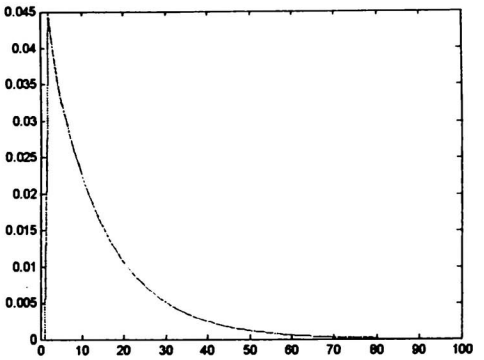
ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะทางวัฏจักรธุรกิจระหว่าง Stylized fact และ Benchmark economy

ตัวแปรวัฏจักรธุรกิจ	Stylized fact				
	Standard deviation	Autocorrelation			Correlation
	(%)	Lag1	Lag2	Lag3	
ผลผลิตประชาชาติ	3.66	0.55	0.38	0.16	1.00
ผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร	4.19	0.89	0.71	0.50	0.99
ผลผลิตประชาชาติที่ไม่ใช่สาขาเกษตร	3.85	0.39	-0.05	0.05	0.51
ตัวแปรวัฏจักรธุรกิจ	Benchmark economy				
	Standard deviation	Autocorrelation			Correlation
	(%)	Lag1	Lag2	Lag3	
ผลผลิตประชาชาติ	9.80	0.43	0.06	-0.18	1.00
	(1.19)	(0.09)	(0.11)	(0.08)	
ผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร	7.13	0.38	0.04	-0.17	0.99
	(0.82)	(0.09)	(0.10)	(0.08)	(0.00)
ผลผลิตประชาชาติที่ไม่ใช่สาขาเกษตร	3.01	0.47	0.06	-0.21	0.92
	(0.40)	(0.08)	(0.11)	(0.10)	(0.02)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการจำลองแบบ 20 ครั้ง

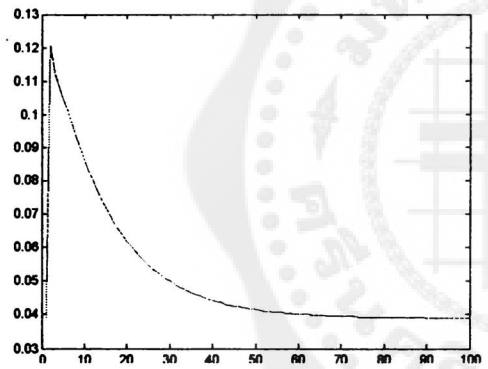


ก. การตอบสนองเชิงพลวัตรตัวแปรเทคโนโลยีหรือ Solow residual ในสาขาเกษตร

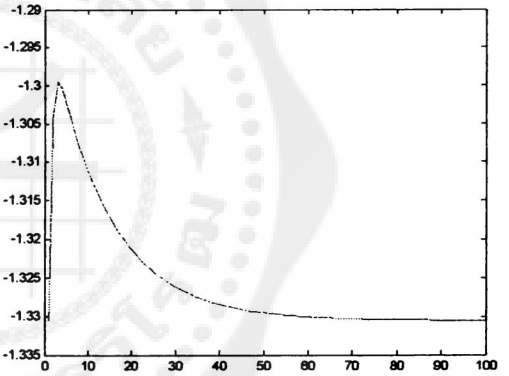


ข. การตอบสนองเชิงพลวัตรตัวแปรเทคโนโลยีหรือ Solow residual ในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

รูปภาพที่ 4.1 การตอบสนองเชิงพลวัตรของ Solow residual ที่มีต่อ Positive technological shock

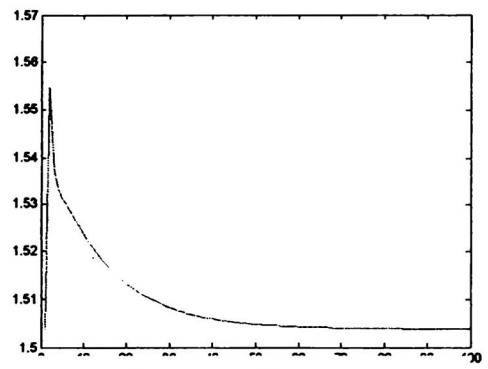


ก. การตอบสนองเชิงพลวัตรของผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร

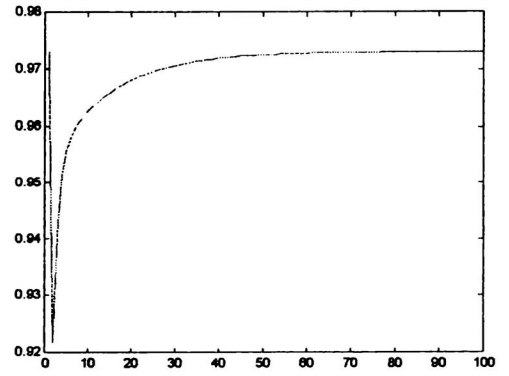


ข. การตอบสนองเชิงพลวัตรของผลผลิตประชาชาติสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

รูปภาพที่ 4.2 การตอบสนองเชิงพลวัตรของผลผลิตประชาชาติที่มีต่อ Positive technological shock

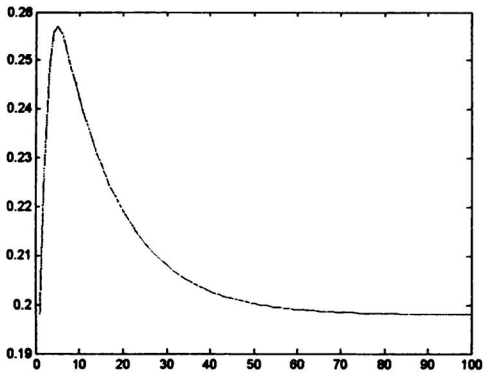


ก. การตอบสนองเชิงพลวัตรของสต็อกทุนสาขาเกษตร

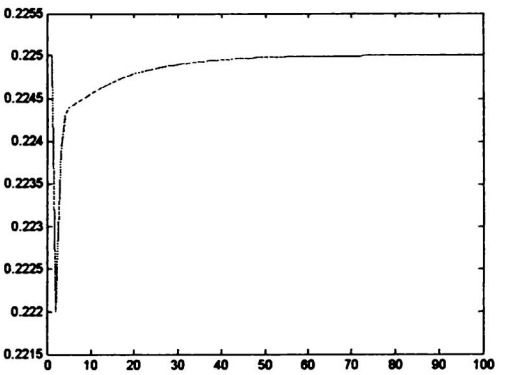


ข. การตอบสนองเชิงพลวัตรของสต็อกทุนสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

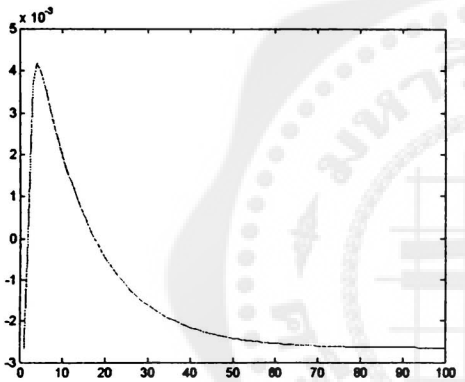
รูปภาพที่ 4.3 การตอบสนองเชิงพลวัตรของตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคอื่นๆต่อ Positive technological shock



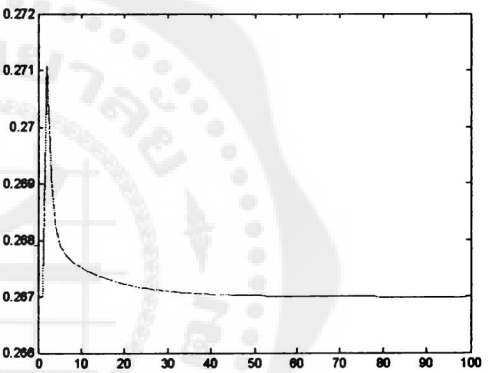
ค. การตอบสนองเชิงพลวัตรของชั่วโมงการทำงานในสาขาเกษตร



ง. การตอบสนองเชิงพลวัตรของชั่วโมงการทำงานในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร



จ. การตอบสนองเชิงพลวัตรของการลงทุนในระบบเศรษฐกิจ



ฉ. การตอบสนองเชิงพลวัตรของการบริโภคสินค้าอื่นๆ

รูปภาพที่ 4.3 (ต่อ) การตอบสนองเชิงพลวัตรของตัวแปรเศรษฐกิจอื่นๆต่อ Positive technological shock

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ a

วัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติ	a		
	0.5	0.6	0.7
Standard deviation	10.03	9.43	13.22
	(1.19)	(1.15)	(4.70)
Autocorrelation			
Lag1	0.45	0.49	0.17
	(0.09)	(0.07)	(0.18)
Lag2	0.07	0.11	0.06
	(0.10)	(0.12)	(0.14)
Lag3	-0.18	-0.16	-0.12
	(0.08)	(0.10)	(0.13)
Correlation	1.00	1.00	1.00
วัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร	a		
	0.5	0.6	0.7
Standard deviation	7.25	9.82	19.82
	(0.81)	(1.11)	(4.21)
Autocorrelation			
Lag1	0.40	0.40	0.16
	(0.10)	(0.09)	(0.13)
Lag2	0.05	0.08	0.07
	(0.10)	(0.13)	(0.09)
Lag3	-0.17	-0.14	-0.07
	(0.08)	(0.10)	(0.11)
Correlation	0.99	0.95	0.67
	(0.00)	(0.02)	(0.30)
วัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติสาขาที่ไม่ใช่เกษตร	a		
	0.5	0.6	0.7
Standard deviation	3.10	3.08	12.61
	(0.39)	(0.41)	(2.58)
Autocorrelation			
Lag1	0.48	-0.15	-0.11
	(0.08)	(0.09)	(0.15)
Lag2	0.07	-0.17	0.03
	(0.11)	(0.11)	(0.13)
Lag3	-0.20	-0.13	-0.08
	(0.10)	(0.08)	(0.10)
Correlation	0.92	0.04	-0.13
	(0.02)	(0.09)	(0.30)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการจำลองแบบ 20 ครั้ง

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ e

วัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติ	e					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Standard deviation	10.41	10.62	10.58	10.10	10.04	9.61
	(1.08)	(1.03)	(1.24)	(1.40)	(0.76)	(0.89)
Autocorrelation						
Lag1	0.42	0.44	0.44	0.44	0.44	0.43
	(0.07)	(0.07)	(0.07)	(0.09)	(0.08)	(0.08)
Lag2	0.04	0.09	0.10	0.07	0.04	0.06
	(0.09)	(0.11)	(0.10)	(0.11)	(0.10)	(0.12)
Lag3	-0.17	-0.16	-0.16	-0.18	-0.16	-0.14
	(0.11)	(0.11)	(0.11)	(0.11)	(0.09)	(0.09)
Correlation	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
วัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร	e					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Standard deviation	7.51	7.70	7.72	7.40	7.25	6.99
	(0.73)	(0.72)	(0.90)	(1.00)	(0.59)	(0.64)
Autocorrelation						
Lag1	0.37	0.39	0.38	0.37	0.38	0.38
	(0.07)	(0.07)	(0.07)	(0.10)	(0.09)	(0.08)
Lag2	0.04	0.07	0.07	0.05	0.01	0.03
	(0.09)	(0.11)	(0.09)	(0.11)	(0.10)	(0.12)
Lag3	-0.17	-0.16	-0.16	-0.17	-0.16	-0.15
	(0.11)	(0.11)	(0.11)	(0.10)	(0.09)	(0.09)
Correlation	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
วัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติสาขาที่ไม่ใช่เกษตร	e					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Standard deviation	3.06	3.13	3.12	3.04	3.13	2.92
	(0.37)	(0.35)	(0.38)	(0.43)	(0.23)	(0.31)
Autocorrelation						
Lag1	0.51	0.53	0.52	0.49	0.48	0.46
	(0.07)	(0.08)	(0.07)	(0.08)	(0.07)	(0.07)
Lag2	0.13	0.13	0.13	0.08	0.07	0.08
	(0.10)	(0.11)	(0.11)	(0.12)	(0.09)	(0.10)
Lag3	-0.15	-0.17	-0.17	-0.19	-0.17	-0.13
	(0.08)	(0.10)	(0.10)	(0.11)	(0.09)	(0.09)
Correlation	0.96	0.95	0.94	0.92	0.92	0.93
	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการจำลองแบบ 20 ครั้ง

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป อภิปรายผล

จากค่าสถิติทางวัฏจักรธุรกิจของประเทศไทย พบว่าวัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตรมีความผันผวนมากกว่าสาขาอื่นๆ นอกจากนี้วัฏจักรธุรกิจทั้งสาขาเกษตรและที่ไม่ใช่เกษตรในช่วงเวลาปัจจุบันมีความฝังแน่นกับวัฏจักรในช่วงเวลาย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา รวมทั้งวัฏจักรทั้งสองสาขานี้มีการเคลื่อนไหวในทิศทางเดียวกันกับวัฏจักรผลผลิตประชาชาติรวม ปรากฏการณ์ทางเหล่านี้เป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยค้นหาต้นเหตุที่ทำให้ภาคเกษตรกรรมไทยมีลักษณะดังที่กล่าว โดยนำแบบจำลองของ Da-Rocha and Restuccia (2006) มาประยุกต์ใช้กับกรณีของประเทศไทย ซึ่งแบบจำลองนี้มีลักษณะเฉพาะ คือ เป็นแบบจำลองที่กำหนดให้หน่วยเศรษฐกิจบริโภคสินค้าที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ สินค้าเกษตร และไม่ใช่สินค้าเกษตร แบบจำลองนี้อาศัยทฤษฎีบทเกี่ยวกับสวัสดิการที่เรียกว่า Second welfare theorem มาอธิบายดุลยภาพของแบบจำลอง โดยเชื่อว่าระบบเศรษฐกิจมี Social planner ซึ่งประพฤติตัวเสมือนนักบุญมาเป็นผู้จัดสรรทรัพยากรและแจกจ่ายผลผลิตให้แก่ประชาชนในสังคม โดยนักบุญผู้นี้จะจัดสรรจนกระทั่งทำให้หน่วยเศรษฐกิจมีความสุขสูงสุดตลอดชั่วชีวิตของเขาภายใต้ทรัพยากรที่จำกัดและผันผวนเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทางเทคโนโลยี (Technological shock) อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ดุลยภาพในระยะยาวค่อนข้างซับซ้อน จากนั้นผู้วิจัยใช้วิธี Stochastic dynamic programming method เพื่อหาแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจ และนำไปทดลอง

การทดลองเริ่มต้นด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ เราเรียกขบวนการนี้ว่า Calibration จากนั้นผู้วิจัยใช้โปรแกรม Matlab และ Mathematica ในการจำลองสถานการณ์ว่า Technology shock ทั้งจากสาขาเกษตรและที่ไม่ใช่สาขาเกษตรกระทบกับเศรษฐกิจตลอดเวลาในช่วง 100 ช่วงเวลา และทำการจำลองสถานการณ์แล้วนำมาหาค่าทางสถิติเพื่อแสดงคุณลักษณะทางวัฏจักรธุรกิจผลผลิตประชาชาติของไทย โดยความผันผวนแสดงด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สหสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาแสดงผ่านตัวสถิติ Autocorrelaation ส่วนทิศทางการเคลื่อนไหวระหว่างวัฏจักรผลผลิตประชาชาติกับผลผลิตสาขาเกษตรนั้นแสดงด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งค่าสถิติที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นี้ค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลจริงที่กล่าวไปในตอนต้น กล่าวคือเมื่อจำลองสถานการณ์ให้ Technological shock กระทบกับแบบจำลองแล้วส่งผลให้วัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตรมีความผันผวนมากโดยเปรียบเทียบ ซึ่งก็สอดคล้องกับ Stylized fact ของไทย จากนั้นเมื่อทดลองแบบจำลองด้วยการทำ Impulse response กล่าวคือกำหนดให้ Technological shock เกิดขึ้นในช่วงเวลาแรกเท่านั้น ผลการทดลองพบว่า วัฏจักรธุรกิจเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาแรก หลังจากนั้นวัฏจักรจะค่อยๆลู่ (Convergence) เข้าหา Steady state ในที่สุด นอกจากนี้เมื่อผู้วิจัยทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์เพื่อสังเกตว่า ผลการทดลองนั้นเปลี่ยนแปลงอย่างไร (Sensitivity analysis) ผลการทดลอง

พบว่าผลการศึกษาไม่เปลี่ยนแปลงจากสถานการณ์เดิมมากนัก ดังนั้นงานวิจัยมีข้อค้นพบว่า ภาคเกษตรไทย มีบทบาทที่แสดงให้เห็นว่ามีความผันผวนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับภาพรวมเศรษฐกิจ โดย Technological shock เป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้เศรษฐกิจสาขาเกษตรมีความผันผวนสูง ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยในกรณีของประเทศสหรัฐและกลุ่มประเทศ OECD ตลอดจนสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีทางวัฏจักรธุรกิจที่ว่าความผันผวนของเศรษฐกิจมีสาเหตุทางด้านอุปทานเป็นหลัก ซึ่งก็หมายถึง Technological shock นั่นเอง

5.2 ข้อเสอนแนะ

โดยทั่วๆไปแล้วงานวิจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์มหภาคมักจะต้องส่งท้ายด้วยข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย เช่นรัฐบาลควรดำเนินนโยบายอย่างไร รัฐบาลควรจัดการกับปัญหานี้อย่างไร แต่งานวิจัยชิ้นนี้ไม่สามารถทำเช่นนั้นได้ แม้ว่าผู้วิจัยจะมีข้อค้นพบว่าวัฏจักรธุรกิจสาขาเกษตรมีความผันผวนสูง และจากแบบจำลองก็กล่าวได้ว่าสาขาเกษตรมีบทบาทที่สำคัญต่อความผันผวนของเศรษฐกิจมวลรวม อย่างไรก็ตามความผันผวนนี้อยู่ภายใต้ระดับความเป็นเลิศของหน่วยเศรษฐกิจ (Economic agent) หรือสามารถอ้างถึง Second Welfare Theorem ดังนั้นถ้ารัฐบาลยอมรับหรือเชื่อในแนวคิดของทฤษฎีวัฏจักรธุรกิจ รัฐบาลควรให้ความสำคัญในการแก้ปัญหาเรื่องสินค้าสาธารณะและการทำให้ระบบภาษีเกิดความเป็นธรรมในสังคม อย่างไรก็ตามในประเด็นหลังนี้ ข้อค้นพบของงานวิจัยก็ไม่ได้เน้น และกล่าวถึงบทบาทของรัฐบาลเลยในแบบจำลอง กล่าวคือผลงานวิจัยไม่อาจโยงถึงนัยทางนโยบายได้ชัดเจนนัก นอกจากนี้หากรัฐบาลยังคงเชื่อตามแนวทางของนักเศรษฐศาสตร์สำนักเคนส์ (Keynesian view) รัฐบาลก็อาจจะเข้าไปมีบทบาทในการแก้ปัญหาความผันผวนของเศรษฐกิจในระยะสั้นผ่านนโยบายการเงินและการคลัง

สำหรับคุณค่าที่ได้รับจากข้อค้นพบในงานวิจัยชิ้นนี้ ก็คือแบบจำลองที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้กับกรณีประเทศไทย ซึ่งนับเป็นการพบพรมแดนความรู้อีกด้านของทางด้านเศรษฐศาสตร์มหภาค ดังนั้นในอนาคตนักเศรษฐศาสตร์จะสามารถนำไปต่อยอดในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความผันผวนของเศรษฐกิจตลอดจนอาจนำแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปพัฒนาให้เหมาะสมกับกรณีศึกษาของไทยให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากข้อบกพร่องประการหนึ่งของงานชิ้นนี้ คือ ผู้วิจัยสมมติว่าตัวแปรที่ดินในฟังก์ชันการผลิตผลผลิตเกษตรมีการกระจายแบบปกติจึงสามารถนำค่าเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 (Normalization) เป็นตัวแทนได้ อย่างไรก็ตามการสมมติเช่นนี้เป็นการละเลยปัจจัยการผลิตที่สำคัญในทางการเกษตร แต่งานวิจัยนี้ปรารถนาที่จะลดความซับซ้อนของแบบจำลองลง เนื่องจากแบบจำลองในเชิงพลวัตรต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงในการจัดการกับปัญหา ดังนั้นถ้ามีการเพิ่มเงื่อนไขบางอย่างเข้าไปก็เป็นการท้าทายงานวิจัยในอนาคต นอกจากนี้ข้อเสนอแนะอื่นๆจะคล้ายกับงานในอดีตที่อยู่ในเส้นทางเดินของแบบจำลองวัฏจักรธุรกิจ ได้แก่ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ ซึ่งพารามิเตอร์สำหรับกรณีประเทศไทยยังค่อนข้างมีจำกัดอยู่มาก การศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งพารามิเตอร์ที่จำเป็นเหล่านั้นก็อาจจะเป็นงานวิจัยที่ต่อเนื่องไปได้

บรรณานุกรม

เชาว์ เก่งชน. 2537. "แบบจำลองดุลยภาพของวัฏจักรธุรกิจที่มีการใช้เงินกับข้อมูลเศรษฐกิจมหภาคจริง: การศึกษาเบื้องต้น". **วารสารเศรษฐศาสตร์จุฬาลงกรณ์**, 6(2) หน้า: 231-244.

จิรวัฒน์ เจริญสถาพรกุล. 2542. **วัฏจักรธุรกิจที่แท้จริงระหว่างประเทศ: กรณีศึกษาประเทศไทยและประเทศใหญ่ (อเมริกา, ญี่ปุ่น)**. เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Benhabib, J., R. Rogerson, and R. Wright. 1991. "Homework in Macroeconomics:Household Production and Aggregate Fluctuations" **Journal of Political Economy**, 99 pp: 1166-1187.

Chaleampong Kongcharoen. 2003. **Optimal fiscal policy in a business cycles model: a case study of Thailand**. Master of Art Thesis in Economics, Thammasat University.

Choe, Y. C. 1989. **A Survey of Macroeconomics and Agriculture**. Master's Thesis, Faculty of Agricultural Economics, Michigan State university.

Da Rocha, J.M. and D.Restuccia. 2006. "The role of agriculture in aggregate business cycles fluctuation". **Review of Economic Dynamics**. 9: pp. 455–482.

_____. 2002. **Aggregate Employment Fluctuations and Agricultural Share**. Manuscript, University of Toronto.

Hansen, L.P., and Sargent T.J. 1997. **Recursive Models of Dynamic Linear Economics**. Manuscript.

Pawin Siriprapanukul. 2000. **Effects of monetary policies in RBC model with banking sector**. Master of Art Thesis in Economics, Thammasat University.

Tanapong Potipiti. 1999. **The dynamic responses to shocks: a comparison of a closed and an open economy**. Master of Art Thesis in Economics, Thammasat University.

Thitipong Juraporsiridee. 1995. **Real Business Cycle: The Case of Thailand**. Master of Art Thesis in Economics, Thammasat University.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

Hodrick-Prescott Filter และข้อมูลอนุกรมเวลาผลผลิตประชาชาติรายไตรมาส

Hodrick-Prescott Filter

การแยกองค์ประกอบด้านแนวโน้ม (Trend component) ของอนุกรมเวลาผลผลิตประชาชาติตามวิธี Hodrick-Prescott Filter กำหนดให้ข้อมูลอนุกรมเวลาหนึ่ง (y_t) ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ องค์ประกอบแนวโน้ม (Trend component: τ_t) และองค์ประกอบวัฏจักร (Cyclical component: y_t^c) นั่นคือ $y_t = \tau_t + y_t^c$ ทั้งนี้ผู้วิจัยหาส่วนประกอบแนวโน้มจากการแก้ปัญหาต่ำสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ข้างล่างนี้[1]

$$\underset{\{\tau_t\}_{t=1}^{T}}{\textit{Minimize}} \quad \sum_{t=1}^{T}(y_t - \tau_t)^2 + \lambda \sum_{t=1}^{T-1}\left[(\tau_t - \tau_{t-1}) - (\tau_{t-1} - \tau_{t-2})\right]^2$$

ซึ่ง $\lambda = \sqrt{\sigma_1^2/\sigma_2^2}$, σ_1 และ σ_2 หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนประกอบวัฏจักรและส่วนประกอบแนวโน้มตามลำดับ

ถ้า t = 1 จะได้

$$-2(y_1 - \tau_1) = 0$$

$$\tau_1 = y_1$$

ถ้า $2 \le t \le T-1$ จะได้

$$-2\Sigma(y_t - \tau_t) - 4\lambda\Sigma(\tau_{t+1} - 2\tau_t + \tau_{t-1}) = 0$$

$$-\Sigma y_t + \Sigma\tau_t - 2\lambda\Sigma\tau_{t+1} + 4\lambda\Sigma\tau_t - 2\lambda\Sigma\tau_{t-1} = 0$$

$$-2\lambda\Sigma\tau_{t+1} + (1+4\lambda)\Sigma\tau_t - 2\lambda\Sigma\tau_{t-1} = \Sigma y_t$$

ถ้า t = T

$$-2\Sigma(y_T - \tau_T) = 0$$

$$\tau_T = y_T$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ -2\lambda & 1+4\lambda & -2\lambda & \cdots & 0 \\ 0 & -2\lambda & 1+4\lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \\ \vdots \\ \tau_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_t \end{bmatrix}$$

$$A^* \tau = Y$$

A เป็นเมตริกซ์ non-singular เราจะแก้สมการโดยคูณด้วยอินเวอร์สของ A ทั้งสองข้าง

$$\tau = YA^{-1}$$

[1] วิธีการแก้ปัญหา Minimization นี้มีแนวทางมาจาก Thitipong (1995)

ตารางผนวก ก. 1 นิยามของตัวแปรและแหล่งที่มาของข้อมูลผลผลิตประชาชาติรายไตรมาส

ตัวแปร	หน่วย	คำอธิบาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
Ya	ล้านบาท	Gross domestic product originating from agriculture, hunting, forestry and fishing at 1988 price	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
Y	ล้านบาท	Gross domestic product at 1988 price	www.nesdb.go.th
Yna	ล้านบาท	Gross domestic product originating from nonagricultural sector at 1988 price	คำนวณจาก $Y-Y_a$

ปี	Ya	ปี	Ya	ปี	Yna	ปี	Yna
1993:1	67,030	2000:3	60,458	1993:1	535,204	2000:3	671,231
1993:2	50,350	2000:4	100,699	1993:2	537,787	2000:4	684,445
1993:3	50,937	2001:1	82,368	1993:3	573,429	2001:1	695,155
1993:4	86,789	2001:2	69,480	1993:4	569,382	2001:2	673,658
1994:1	66,169	2001:3	60,528	1994:1	601,816	2001:3	686,356
1994:2	50,504	2001:4	107,640	1994:2	596,069	2001:4	698,416
1994:3	54,057	2002:1	83,720	1994:3	604,428	2002:1	728,738
1994:4	95,163	2002:2	69,030	1994:4	624,767	2002:2	711,007
1995:1	72,541	2002:3	63,571	1995:1	659,322	2002:3	726,274
1995:2	62,195	2002:4	105,858	1995:2	664,082	2002:4	748,844
1995:3	52,587	2003:1	94,028	1995:3	668,921	2003:1	774,484
1995:4	89,267	2003:2	79,272	1995:4	672,821	2003:2	752,443
1996:1	74,995	2003:3	70,418	1996:1	691,432	2003:3	771,998
1996:2	65,080	2003:4	119,315	1996:2	708,588	2003:4	806,208
1996:3	56,303	2004:1	93,871	1996:3	721,705	2004:1	832,825
1996:4	92,462	2004:2	72,949	1996:4	704,773	2004:2	813,488
1997:1	74,957	2004:3	67,787	1997:1	699,162	2004:3	827,347
1997:2	64,046	2004:4	119,824	1997:2	705,144	2004:4	860,098
1997:3	55,638	2005:1	86,916	1997:3	709,837	2005:1	872,901
1997:4	92,192	2005:2	70,477	1997:4	671,639	2005:2	858,011
1998:1	75,242	2005:3	70,250	1998:1	644,063	2005:3	874,425
1998:2	56,946	2005:4	120,187	1998:2	605,469	2005:4	901,944
1998:3	52,554	2006:1	92,099	1998:3	606,345	2006:1	928,464
1998:4	97,864	2006:2	75,379	1998:4	611,201	2006:2	902,200
1999:1	78,086	2006:3	71,796	1999:1	639,703	2006:3	915,623
1999:2	60,103	2006:4	121,909	1999:2	625,142	2006:4	944,536
1999:3	55,700	2007:1	95,624	1999:3	658,640	2007:1	967,394
1999:4	95,289	2007:2	81,010	1999:4	659,317	2007:2	938,183
2000:1	80,517	2007:3	74,661	2000:1	683,822	2007:3	961,585
2000:2	68,274			2000:2	658,955		

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ และผลการประมาณค่าเมตริกซ์ ρ

ตารางผนวกที่ ข. 1 อัตราการเติบโตเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004

ปี	จำนวนประชากร (ล้านคน)	อัตราการเติบโตของประชากร	อัตราการเติบโตของประชากรเฉลี่ย
1970	36.37	-	0.02
1971	37.35	0.02673	
1972	38.34	0.02665	
1973	39.34	0.02611	
1974	40.36	0.02591	
1975	41.39	0.02545	
1976	42.48	0.02642	
1977	43.56	0.02543	
1978	44.63	0.02451	
1979	45.68	0.02347	
1980	46.72	0.02280	
1981	47.73	0.02170	
1982	48.74	0.02114	
1983	49.73	0.02029	
1984	50.72	0.01981	
1985	51.68	0.01900	
1986	52.66	0.01892	
1987	53.60	0.01797	
1988	54.53	0.01737	
1989	55.45	0.01678	
1990	56.34	0.01609	
1991	56.57	0.00412	
1992	57.29	0.01273	
1993	58.01	0.01250	
1994	58.71	0.01212	
1995	59.40	0.01172	
1996	60.00	0.01013	
1997	60.60	0.00998	
1998	61.20	0.00988	
1999	61.81	0.00989	
2000	62.41	0.00971	
2001	62.67	0.00421	
2002	63.14	0.00757	
2003	63.65	0.00810	
2004	64.20	0.00852	

หมายเหตุ: ข้อมูลปี 1970 – 1990 อ้างจาก Table 3. Gross National Product at 1972 Prices by Industrial Origin

ข้อมูลปี 1991 – 2000, 2001 – 2004 อ้างจาก Table 4. Gross National Product at 1988 Prices by Industrial Origin

ตารางผนวกที่ ข. 2 สัดส่วน Compensation of Employees in Non-Agriculture และ Agriculture

ปี	Total Compensation of Employees	The Rest of the World	non-agriculture	Agriculture	สัดส่วน non-agriculture	เทียบสัดส่วน agriculture
1970	27,661	-93	24,914	2,840	0.900690503	0.102671632
1971	30,627	-138	27,449	3,316	0.896235348	0.10827048
1972	34,557	-164	30,579	4,142	0.884885841	0.119859942
1973	42,616	-112	36,635	6,093	0.859653651	0.14297447
1974	52,737	99	45,824	6,814	0.868915562	0.129207198
1975	62,666	124	55,215	7,327	0.881099799	0.116921457
1976	74,084	225	65,167	8,692	0.879636629	0.117326278
1977	86,577	676	76,367	9,534	0.882070296	0.110121626
1978	107,657	1,779	94,477	11,401	0.877574148	0.105901149
1979	131,877	3,436	113,822	14,619	0.863092124	0.110853295
1980	171,495	6,967	146,102	18,426	0.851931543	0.107443366
1981	198,599	9,561	169,871	19,167	0.855346704	0.09651106
1982	233,256	13,054	200,884	19,318	0.86121686	0.082818877
1983	268,096	18,383	226,883	22,830	0.846275215	0.085156063
1984	286,813	19,710	245,520	21,583	0.856028144	0.075251122
1985	304,227	21,787	261,683	20,757	0.860157054	0.068228658
1986	319,012	19,079	277,243	22,690	0.869067621	0.071125851
1987	354,745	19,877	308,005	26,863	0.868243386	0.075724816
1988	407,868	20,837	353,272	33,759	0.866142968	0.082769425
1989	478,289	20,792	421,993	35,504	0.882297105	0.07423127
1990	556,372	20,003	500,245	36,124	0.899119654	0.064927782
1991	626,789	17,833	585,920	23,036	0.934796239	0.0367524
1992	737,523	2,562	707,943	27,018	0.959892776	0.036633434
1993	884,453	17,796	835,740	30,917	0.94492302	0.034956069
1994	1,012,733	19,893	959,253	33,587	0.947192399	0.033164714
1995	1,216,455	26,602	1,148,899	40,954	0.944464859	0.033666679
1996	1,352,953	29,452	1,276,934	46,567	0.943812535	0.034418786
1997	1,433,541	33,982	1,347,171	52,388	0.93975059	0.036544473
1998	1,440,186	45,358	1,335,233	59,595	0.927125385	0.041380072
1999	1,455,086	41,200	1,345,162	68,724	0.924455324	0.047230198
2000	1,540,145	46,337	1,425,022	68,786	0.925251843	0.044662029
2001	1,601,389	31,572	1,499,503	70,314	0.936376483	0.043908132
2002	1,671,353	28,084	1,575,492	67777	0.942644672	0.040552175
2003	1,775,135	29,614	1,675,373	70148	0.943800331	0.039516994
2004	1,929,036	20,763	1,836,925	71348	0.952250243	0.03698635

หมายเหตุ: ข้อมูล 1970 – 1990 อ้างจาก Table 52., 1991 – 2001 อ้างจาก Table 53., 2002 – 20014 อ้างจาก Table 51. Compensation of Employees

ตารางผนวกที่ ข. 3 สัดส่วนผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตรต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004

ปี	Agriculture at 1988 Prices	GDP at 1988 Prices	สัดส่วน
1970	122530.36	473888.3167	0.25856378
1971	127805.71	497404.0664	0.25694544
1972	125635.56	517663.04	0.24269757
1973	137494.18	568703.1133	0.24176794
1974	141502.40	593460.6992	0.23843601
1975	147686.60	622220.7715	0.23735401
1976	156611.88	680556.6321	0.23012321
1977	160212.28	747923.198	0.21420954
1978	180183.47	825997.5567	0.21814044
1979	176891.84	869884.8975	0.20335086
1980	184576.00	911507.7136	0.20249527
1981	194023.00	969237.8747	0.20018099
1982	198825.00	1008626.603	0.19712449
1983	208312.00	1081761.011	0.19256749
1984	217518.00	1158858.337	0.18770025
1985	227324.00	1199568.038	0.18950488
1986	228191.00	1258543.079	0.18131362
1987	228346.00	1377692.385	0.16574527
1988	252346.00	1559804	0.16178058
1989	276569.00	1747686.5	0.15824863
1990	263607.00	1922441.454	0.13712095
1991	282740.00	2111862	0.13388185
1992	296277.00	2282572	0.12979963
1993	289065.00	2470908	0.11698736
1994	303376.00	2692973	0.11265468
1995	313855.00	2941736	0.1066904
1996	326836.00	3115338	0.10491189
1997	323884.00	3072615	0.10540989
1998	318953.00	2749684	0.11599624
1999	325877.00	2871980	0.11346771
2000	346856.00	3005394	0.11541116
2001	356138.00	3063705	0.11624422
2002	322179.00	3239030	0.09946774
2003	359032.00	3464701	0.10362568
2004	341829.00	3678511	0.09292591
	ค่าเฉลี่ยผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร		0.1680813

หมายเหตุ: Agriculture 1970 – 1979 อ้างจาก Table 3. Gross National Product at 1972 Prices by Industrial Origin

Agriculture 1980 – 2001 อ้างจาก Table 4. Gross National Product at 1988 Prices by Industrial Origin

Agriculture 2002 – 2004 อ้างจาก Table 4. Gross National Product at 1988 Prices by Economic Activities

ตารางผนวกที่ ข. 4 สัดส่วนเฉลี่ยการลงทุนต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004

ปี	Gross Fixed Capital Formation	Change in Inventories	Investment	GDP at Current Prices	Investment/GDP
1970	34,995	2,736	37,731	147,385	0.256002985
1971	35,787	1,349	37,136	153,417	0.242059224
1972	38,631	-1,759	36,872	170,076	0.216797197
1973	49,937	10,021	59,958	222,110	0.269947323
1974	65,031	9,334	74,365	279,206	0.266344563
1975	69,380	11,754	81,134	303,319	0.267487365
1976	79,367	3,742	83,109	346,516	0.239841739
1977	104,622	3,858	108,480	403,529	0.268828263
1978	123,249	14,247	137,496	488,226	0.281623674
1979	142,859	9,191	152,050	558,861	0.272071231
1980	165,715	8,330	174,045	658,509	0.264301627
1981	188,046	11,677	199,723	760,195	0.262726011
1982	192,195	-2,618	189,577	820,002	0.2311909
1983	218,454	17,636	236,090	910,054	0.259424166
1984	238,622	3,884	242,506	973,412	0.249129865
1985	240,283	3,666	243,949	1,014,399	0.240486239
1986	238,665	-22	238,643	1,095,368	0.217865594
1987	296,350	3,440	299,790	1,253,147	0.239229715
1988	407,341	27,205	434,546	1,506,977	0.288356093
1989	550,415	9,292	559,707	1,775,978	0.315154242
1990	729,053	24,899	753,952	2,051,208	0.367564869
1991	1,043,552	30,325	1,073,877	2,506,635	0.42841379
1992	1,111,283	20,062	1,131,345	2,830,914	0.39963948
1993	1,252,920	13,478	1,266,398	3,165,222	0.400097687
1994	1,450,219	10,718	1,460,937	3,629,341	0.402535061
1995	1,719,120	43,038	1,762,158	4,186,212	0.420943325
1996	1,892,923	35,240	1,928,163	4,611,041	0.418162189
1997	1,598,633	-5,469	1,593,164	4,732,610	0.336635387
1998	1,035,447	-89,474	945,973	4,626,447	0.204470731
1999	965,899	-15,294	950,605	4,637,079	0.205000821
2000	1,079,993	37,606	1,117,599	4,916,505	0.227315746
2001	1,178,507	46,731	1,225,238	5,123,418	0.239144649
2002	1,243,188	54,146	1,297,334	5,450,643	0.238014854
2003	1,423,909	53,598	1,477,507	5,928,975	0.249201085
2004	1,686,841	75,029	1,761,870	6,503,488	0.270911548
			ค่าเฉลี่ย		0.284483407

หมายเหตุ: Gross Fixed Capital Formation and Change in Inventories 1970 – 1990, 1990 – 2001, 2002 – 2004 อ้างจาก Table 1. Balance Sheet of National Income and Expenditure at Current Market Prices

ตารางผนวกที่ ช. 5 สัดส่วนสต็อกทุนต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ยตั้งแต่ปี 1970 – ปี 2004

ปี	capital stock	GDP at 1988 Prices	สัดส่วนสต็อกทุนต่อผลผลิตประชาชาติ
1970	1,926,526	473888.32	4.0654
1971	1,969,940	497404.07	3.9604
1972	2,018,743	517663.04	3.8997
1973	2,075,341	568703.11	3.6493
1974	2,134,210	593460.70	3.5962
1975	2,199,590	622220.77	3.5351
1976	2,281,293	680556.63	3.3521
1977	2,386,024	747923.20	3.1902
1978	2,496,001	825997.56	3.0218
1979	2,621,485	869884.90	3.0136
1980	2,778,591	911507.71	3.0483
1981	2,951,947	969237.87	3.0456
1982	3,118,288	1008626.60	3.0916
1983	3,322,354	1081761.01	3.0712
1984	3,542,885	1158858.34	3.0572
1985	3,744,061	1199568.04	3.1212
1986	3,938,735	1258543.08	3.1296
1987	4,187,117	1377692.39	3.0392
1988	4,519,636	1559804.00	2.8976
1989	4,954,229	1747686.50	2.8347
1990	5,556,557	1922441.45	2.8904
1991	6,250,188	2111862.00	2.9596
1992	6,995,199	2282572.00	3.0646
1993	7,815,304	2470908.00	3.1629
1994	8,740,942	2692973.00	3.2458
1995	9,733,747	2941736.00	3.3088
1996	10,823,170	3115338.00	3.4742
1997	11,611,327	3072615.00	3.7790
1998	11,911,713	2749684.00	4.3320
1999	12,163,043	2871980.00	4.2351
2000	12,430,620	3005394.00	4.1361
2001	12,649,512	3063705.00	4.1288
2002	12,880,761	3239030.00	3.9767
2003	13,171,145	3464701.00	3.8015
2004	13,537,985	3678511.00	3.6803
		สัดส่วนสต็อกทุนต่อผลผลิตประชาชาติเฉลี่ย	3.4227

หมายเหตุ: CAPITAL STOCK 1970 – 2004 อ้างจาก TABLE 1 GROSS CAPITAL STOCK OF THAILAND AT 1988 PRICES

ตารางผนวกที่ ข. 6 สัดส่วนการจ้างงานในสาขาเกษตรต่อการจ้างงานรวมเฉลี่ย

ปี	กำลังแรงงาน	การจ้างงานในสาขาเกษตร	การจ้างงานรวม	สัดส่วนการจ้างงานในสาขาเกษตรต่อการจ้างงานรวม	สัดส่วนการจ้างงานในสาขาเกษตรต่อการจ้างงานรวมเฉลี่ย
1977	18,328.5		18,138.0		0.55355648
1978	19,389.4	13,246.9	19,215.6	0.689379983	
1979	19,219.9	12,350.9	19,021.6	0.649308285	
1980	22,728.1	15,942.7	22,523.9	0.70781259	
1981	21,140.6	13,404.0	20,873.5	0.642151532	
1982	25,748.9	16,984.9	24,831.4	0.684008956	
1983	25,048.4	14,464.9	22,911.6	0.631336528	
1984	26,105.8	15,764.4	24,159.5	0.652514854	
1985	26,637.7	15,528.9	24,227.5	0.640960976	
1986	27,403.0	15,681.1	25,085.8	0.625097914	
1987	28,740.2	16,026.6	26,413.8	0.606749124	
1988	29,614.0	17,379.1	27,726.5	0.626802878	
1989	30,339.6	17,737.9	28,456.5	0.62333386	
1990	31,749.6	19,725.6	30,843.7	0.639534167	
1991	31,223.0	16,384.0	29,220.3	0.560707044	
1992	32,182.0	17,305.0	30,794.0	0.561960122	
1993	32,240.0	16,269.0	30,679.0	0.530297598	
1994	31,816.1	15,180.0	30,164.3	0.503244735	
1995	32,174.9	14,389.1	30,815.1	0.466950402	
1996	32,324.2	14,136.7	31,166.0	0.453592055	
1997	32,780.5	14,314.6	31,714.3	0.451361058	
1998	32,595.5	13,571.3	30,270.2	0.448338545	
1999	32,910.8	13,997.3	30,835.4	0.45393525	
2000	33,393.9	13,999.9	31,446.7	0.445194567	
2001	33,813.47	13,611.85	32,104.25	0.423989036	
2002	34,261.61	14,041.82	33,060.87	0.42472627	
2003	34,901.72	13,880.09	33,841.03	0.41015566	
2004	35,717.78	13,633.87	34,728.81	0.392580972	

หมายเหตุ: Labour Force (Years 13) 1977 – 2000 อ้างจาก Table 87 : Labour Force Survey (old series)

Labour Force (Years 15) 2001 – 2004 From การสำรวจภาวะการทำงานของประชากร (ชุดใหม่) www.bot.or.th

ตารางผนวกที่ ข. 7 สัดส่วนการจ้างงานต่อกำลังแรงงานเฉลี่ย

	Employment	Labour Force	สัดส่วนการจ้างงานต่อกำลังแรงงาน	สัดส่วนการจ้างงานต่อกำลังแรงงานเฉลี่ย
1977	18,138.0	18,328.5	0.989603623	0.953152814
1978	19,215.6	19,389.4	0.991038895	
1979	19,021.6	19,219.9	0.989679967	
1980	22,523.9	22,728.1	0.991015527	
1981	20,873.5	21,140.6	0.987367878	
1982	24,831.4	25,748.9	0.96436741	
1983	22,911.6	25,048.4	0.914693154	
1984	24,159.5	26,105.8	0.925445544	
1985	24,227.5	26,637.7	0.909517338	
1986	25,085.8	27,403.0	0.915439761	
1987	26,413.8	28,740.2	0.919055746	
1988	27,726.5	29,614.0	0.936264835	
1989	28,456.5	30,339.6	0.937934149	
1990	30,843.7	31,749.6	0.971467357	
1991	29,220.3	31,223.0	0.93585658	
1992	30,794.0	32,182.0	0.9568703	
1993	30,679.0	32,240.0	0.951581886	
1994	30,164.3	31,816.1	0.948081317	
1995	30,815.1	32,174.9	0.957737177	
1996	31,166.0	32,324.2	0.96416926	
1997	31,714.3	32,780.5	0.967476041	
1998	30,270.2	32,595.5	0.92866111	
1999	30,835.4	32,910.8	0.936937922	
2000	31,446.7	33,393.9	0.941689949	
2001	32,104.25	33,813.47	0.949451506	
2002	33,060.87	34,261.61	0.964953778	
2003	33,841.03	34,901.72	0.969609234	
2004	34,728.81	35,717.78	0.972311549	

หมายเหตุ: Labour Force and Employment (Years 13) 1977 – 2000 อ้างจาก Table 87 : Labour Force Survey (old series)

Labour Force and Employment (Years 15) 2001 – 2004 อ้างจาก การสำรวจภาวะการทำงานของประชากร(ชุดใหม่)

www.bot.or.th

ตารางผนวกที่ ข. 8 ข้อมูลในการคำนวณหา Solow residual ในสาขาเกษตร

$$z_{a,t} = log(RGDP_a) - log(p_a) - \vartheta_a log\ (L_a)$$

ปี	$RGDP_a$	GDP deflator in agricultural sector	GDP deflator	p_a	L_a
1978	180,183	66.40	59.11	1.12	13,247
1979	176,892	75.84	64.25	1.18	12,351
1980	184,576	82.81	72.24	1.15	15,943
1981	194,023	84.00	78.43	1.07	13,404
1982	198,825	78.88	81.30	0.97	16,985
1983	208,312	89.11	84.13	1.06	14,465
1984	217,518	80.54	84.00	0.96	15,764
1985	227,324	74.74	84.56	0.88	15,529
1986	228,191	78.07	87.03	0.90	15,681
1987	228,346	90.04	90.96	0.99	16,027
1988	252,346	100.00	100.00	1.00	17,379
1989	276,569	96.32	101.62	0.95	17,738
1990	263,607	96.55	106.70	0.90	19,726
1991	282,740	112.15	118.69	0.94	16,384
1992	296,277	117.50	124.02	0.95	17,305
1993	289,065	110.72	128.10	0.86	16,269
1994	303,376	126.31	134.77	0.94	15,180
1995	313,855	146.24	142.30	1.03	14,389
1996	326,836	154.52	148.01	1.04	14,137
1997	323,884	158.70	154.03	1.03	14,315
1998	318,953	177.10	168.25	1.05	13,571
1999	325,877	154.30	161.46	0.96	13,997
2000	346,856	147.32	163.59	0.90	14,000
2001	356,138	149.40	167.23	0.89	13,612
2002	322,179	159.62	168.28	0.95	14,042
2003	359,032	169.31	171.13	0.99	13,880
2004	341,829	191.56	176.80	1.08	13,634

หมายเหตุ: $RGDP_a$ หมายถึงผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร ณ ราคาปี 1988

p_a หมายถึง GDP deflator ในสาขาเกษตรต่อ GDP deflator

L_a หมายถึง การจ้างงานในสาขาเกษตร

ที่มา: ข้อมูลผลผลิตประชาชาติ และการจ้างงานนำมาจากสภาพัฒน์ฯ และที่เหลือเกิดจากการคำนวณ

ตารางผนวกที่ ข. 9 ข้อมูลในการคำนวณหา Solow residual ในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

$$z_{n,t} = log(RGDP_{n,t}) - log(p_{n,t}) - \vartheta_n log\ (L_{n,t})$$

ปี	$RGDP_n$	p_n	L_n
1978	645,814	1	13,247
1979	692,993	1	12,351
1980	726,932	1	15,943
1981	775,215	1	13,404
1982	809,802	1	16,985
1983	873,449	1	14,465
1984	941,340	1	15,764
1985	972,244	1	15,529
1986	1,030,352	1	15,681
1987	1,149,346	1	16,027
1988	1,307,458	1	17,379
1989	1,471,118	1	17,738
1990	1,658,834	1	19,726
1991	1,829,122	1	16,384
1992	1,986,295	1	17,305
1993	2,181,843	1	16,269
1994	2,389,597	1	15,180
1995	2,627,881	1	14,389
1996	2,788,502	1	14,137
1997	2,748,731	1	14,315
1998	2,430,731	1	13,571
1999	2,546,103	1	13,997
2000	2,658,538	1	14,000
2001	2,707,567	1	13,612
2002	2,916,851	1	14,042
2003	3,105,669	1	13,880
2004	3,336,682	1	13,634

หมายเหตุ: $RGDP_{na}$ หมายถึงผลผลิตประชาชาติสาขาเกษตร ณ ราคาปี 1988

p_{na} หมายถึง GDP deflator ในสาขาที่ไม่ใช่เกษตรถูก Normalize ให้เท่ากับ 1

L_{na} หมายถึง การจ้างงานในสาขาที่ไม่ใช่เกษตร

ที่มา: ข้อมูลผลผลิตประชาชาติ และการจ้างงานนำมาจากสภาพัฒน์ฯ

ตารางผนวกที่ ข. 10 ผลการประมาณสมการ $z_{t+1} = \rho z_t + \varepsilon_{t+1}$

ผลการประมาณค่าเมตริกซ์ ρ

Vector Autoregression Estimates
Date: 11/11/09 Time: 15:13
Sample(adjusted): 1979 2004
Included observations: 26 after adjusting endpoints
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	ZN	ZA
ZN(-1)	0.850571	0.403314
	(0.07748)	(0.13276)
	[10.9773]	[3.03803]
ZA(-1)	0.083613	0.496828
	(0.04711)	(0.08071)
	[1.77490]	[6.15554]
C	-0.139183	3.941577
	(0.34000)	(0.58252)
	[-0.40937]	[6.76642]
R-squared	0.952998	0.910135
Adj. R-squared	0.948911	0.902321
Sum sq. resids	0.051931	0.152441
S.E. equation	0.047517	0.081412
F-statistic	233.1697	116.4702
Log likelihood	43.91480	29.91557
Akaike AIC	-3.147293	-2.070429
Schwarz SC	-3.002128	-1.925264
Mean dependent	5.932308	12.52154
S.D. dependent	0.210225	0.260487
Determinant Residual Covariance		1.44E-05
Log Likelihood (d.f. adjusted)		71.12561
Akaike Information Criteria		-5.009662
Schwarz Criteria		-4.719332

Covariance Matrix V

	RESID03	RESID04
RESID03	0.001997	0.000653
RESID04	0.000653	0.005863

ภาคผนวก ค.

Mathematica Code และ Matlab Code

Mathematica Code

```
In[1]:= cn = (λn * E^zn (kn)^θ (πn * hn)^(1 - θ)) - (x);

In[2]:= ca = λa * E^za (k - kn)^μ (πa * ha)^ϕ * (t^(1 - μ - ϕ));

In[3]:= b = 0.52; a = 0.5; e = 0.52; μ = 0.83; hn = 0.5; ha = 0.36; ϕ = 0.07;
        θ = 0.11; λn = 1;
        λa = 0.83;

In[4]:= U = (b/e) * Log[a (cn^e) + (1 - a) (ca^e)] + (1 - b) * (πn * Log[1 - hn] + πa * Log[1 - ha]);

In[5]:= Uk = ∂k U; Uzn = ∂zn U; Uza = ∂za U; Ukn = ∂kn U; Upn = ∂πn U;
        Upa = ∂πa U;
        Ux = ∂x U;

In[7]:= Ukk = ∂k,k U; Ukzn = ∂k,zn U; Ukza = ∂k,za U; Ukkn = ∂k,kn U;
        Ukpn = ∂k,πn U; Ukpa = ∂k,πa U; Ukx = ∂k,x U; Uznzn = ∂zn,zn U;
        Uznza = ∂zn,za U; Uznkn = ∂zn,kn U; Uznpn = ∂zn,πn U;
        Uznpa = ∂zn,πa U; Uznx = ∂zn,x U; Uzaza = ∂za,za U; Uzakn = ∂za,kn U;
        Uzapn = ∂za,πn U; Uzapa = ∂za,πa U; Uzax = ∂za,x U; Uknkn = ∂kn,kn U;
        Uknpn = ∂kn,πn U; Uknpa = ∂kn,πa U; Uknx = ∂kn,x U; Upnpn = ∂πn,πn U;
        Upnpa = ∂πn,πa U; Upnx = ∂πn,x U; Upapa = ∂πa,πa U; Upax = ∂πa,x U;
        Uxx = ∂x,x U;

In[14]:= zn = 0; za = 0; η = 0.02; β = 0.99; βhat = η * β;
         ξ = η/βhat - 1; δ = 0.56;
         πn = 0.45;

In[16]:= kn = (((ξ + δ)/(λn * θ))^(1 - θ)) (πn * hn)

Out[16]= 0.973061

In[17]:= πa = 0.55; sa = 0.17; ka = (sa/(1 - sa)) (μ/θ) kn

Out[17]= 1.50382

In[18]:= t = 1;

In[19]:= ya = (ka^μ) ((πa * ha)^ϕ) λa (t^1 - μ - ϕ) * E^za

Out[19]= 0.103972

In[20]:= yn = ((πn * hn)^(1 - θ)) λn (kn^θ) * E^zn

Out[20]= 0.264325

In[21]:= k = kn + ka

Out[21]= 2.47688
```

In[22]:= $Cn = \left(\left(\frac{M}{\theta}\right)\left(\frac{\sum_{n=1}^{M} r_n^2}{\sum_{n=1}^{M} r_n^2}\right)\left(\frac{1-a}{a}\right)(ca\wedge(e-1))\right)\wedge(1/(e-1))$

Out[22]= 0.266982

In[23]:= x = yn - Cn

Out[23]= -0.00265744

In[24]:= Fubar = 2 * U

Out[24]= -1.07909

In[25]:= Fk = Uk

Out[25]= 0.192213

In[26]:= Fzn = Uzn

Out[26]= 0.170032

In[27]:= Fza = Uza

Out[27]= 0.348258

In[28]:= Fkn = Ukn

Out[28]= -0.172992

In[29]:= Fxn = Uxn

Out[29]= 0.00357502

In[30]:= Fxa = Uxa

Out[30]= -0.169894

In[31]:= Fx = Ux

Out[31]= 0.170032

In[32]:= Fkk = Ukk

Out[32]= -0.109597

In[33]:= Fkzn = Ukzn

Out[33]= -0.0326824

In[34]:= Fkza = Ukza

Out[34]= 0.033011

```
In[35]:= Fkkn = Ukkn

Out[35]= 0.105902

In[36]:= Fkxn = Ukxn

Out[36]= -0.0646386

In[37]:= Fkxa = Ukxa

Out[37]= 0.0042014

In[38]:= Fkx = Ukx

Out[38]= 0.123645

In[39]:= Fznzn = Uznzn

Out[39]= 0.0603181

In[40]:= Fznza = Uznza

Out[40]= -0.0592151

In[41]:= Fznkn = Uznkn

Out[41]= 0.0395011

In[42]:= Fznxn = Uznxn

Out[42]= 0.119296

In[43]:= Fznxa = Uznxa

Out[43]= -0.00753647

In[44]:= Fznx = Uznx

Out[44]= 0.415072

In[45]:= Fzaza = Uzaza

Out[45]= 0.0598104

In[46]:= Fzakn = Uzakn

Out[46]= -0.039705

In[47]:= Fzaxn = Uzaxn

Out[47]= -0.117114

In[48]:= Fzaxa = Uzaxa

Out[48]= 0.00761224
```

```
In[49]:= Fzax = Uzax

Out[49]= 0.224024

In[50]:= Fknkn = Uknkn

Out[50]= -0.12119

In[51]:= Fknvn = Uknvn

Out[51]= 0.0781244

In[52]:= Fknva = Uknva

Out[52]= -0.00505336

In[53]:= Fknx = Uknx

Out[53]= -0.076723

In[54]:= Fvnvn = Uvnvn

Out[54]= -0.511361

In[55]:= Fvnva = Uvnva

Out[55]= -0.0149055

In[56]:= Fvnx = Uvnx

Out[56]= 0.820921

In[57]:= Fvava = Uvava

Out[57]= -0.0796199

In[58]:= Fvax = Uvax

Out[58]= 0.0285122

In[59]:= Fxx = Uxx

Out[59]= -1.57031
```

Matlab Code

```
%1=non-agricultural sector, 2=agricultural sector
Ubar=-1.07909; Uk=0.192213; Uz1=0.170032; Uz2=0.348258; Uk1=-0.172992; Upi1=0.00357502;
Upi2=-0.169894; Ux=0.170032; Ukk=-0.109597; Ukz1=-0.0326824; Ukz2=0.033011;Ukk1=0.105902;
Ukpi1=-0.0646386; Ukpi2=0.0042014; Ukx=0.123645; Uz1z1=0.0603181;Uz1z2=-0.0592151;
Uz1k1=0.0395011; Uz1pi1=0.119296; Uz1pi2=-0.00753647; Uz1x=0.415072; Uz2z2=0.0598104;
Uz2k1=-0.039705; Uz2pi1=-0.117114; Uz2pi2=0.00761224; Uz2x=0.224024; Uk1k1=-0.12119;
Uk1pi1=0.0781244; Uk1pi2=-0.00505336; Uk1x=-0.076723; Upi1pi1=-0.511361; Upi1pi2=-0.0149055;
Upi1x=0.820921; Upi2pi2=-0.0796199; Upi2x=0.0285122; Uxx=-1.57031;
%R:Dimension 4*4
R=[Ubar Uk Uz1 Uz2; Uk Ukk Ukz1 Ukz2; Uz1 Ukz1 Uz1z1 Uz1z2; Uz2 Ukz2 Uz1z2 Uz2z2];
%W:Dimension 4*4
W=[Uk1 Upi1 Upi2 Ux; Ukk1 Ukpi1 Ukpi2 Ukx; Uz1k1 Uz1pi1 Uz1pi2 Uz1x; Uz2k1 Uz2pi1 Uz2pi2 Uz2x];
%Q:Dimension 4*4
Q=[Uk1k1 Uk1pi1 Uk1pi2 Uk1x; Uk1pi1 Upi1pi1 Upi1pi2 Upi2x; Uk1pi2 Upi1pi2 Upi2pi2 Upi2x; Uk1x Upi1x
Upi2x Uxx];
B(4,4)=0; B(2,4)=1; C(4,4)=0; C(3,3)=1; C(4,4)=1;
%A: delta=depreciation rate
delta=0.56;
a11=  0.850571; a12=  0.083613; a21=  0.403314; a22=  0.496828;
A=[ 1 0 0 0; 0 (1-delta) 0 0; 0 0 a11 a12; 0 0 a21 a22];
%Transsformation to eleiminate discounting and cross-products
betahat=0.0198; Rhat= R - (W'*inv(Q)*W); Ahat = (betahat^0.5)*(A-(B*inv(Q)*W));
Bhat=(betahat^0.5)*B;
%Doulbing algorithm
m = max(size(A));
I = eye(m);
P0 = -eye(m);
Alpha0 = inv(I+B*inv(Q)*B'*P0)*A;
Beta0 = inv(I+B*inv(Q)*B'*P0)*B*inv(Q)*B';
Gamma0 = R-P0+A'*P0*inv(I+B*inv(Q)*B'*P0)*A;
ddalpha = 1; ddgamma = 1; ddbeta = 1; n = 1; tol = 1e-20;
maxit = 5000;
while(ddalpha>tol&ddgamma>tol&ddbeta>tol&n<=maxit)
   Alpha = Alpha0*inv(I+Beta0*Gamma0)*Alpha0;
   Beta = Beta0+Alpha0*inv(I+Beta0*Gamma0)*Beta0*Alpha0';
   Gamma = Gamma0+Alpha0'*Gamma0*inv(I+Beta0*Gamma0)*Alpha0;
   n = n+1;
   ddalpha = max(max(abs((Alpha-Alpha0)./(1+abs(Alpha0)))));
   ddbeta = max(max(abs((Beta-Beta0)./(1+abs(Beta0)))));
   ddgamma = max(max(abs((Gamma-Gamma0)./(1+abs(Gamma0)))));
end;
P = Gamma + P0; Fhat = inv(Q+Bhat'*P*Bhat)*Bhat'*P*Ahat;
% Simulation
x = zeros(4,100); u = zeros(4,100);
E = randn(2,100);
V = [ 0.001997  0.000653; 0.005863  0.000653];
%Cholesky Decomposition
Vc = chol(V);
VcE = Vc'*E;
EE = [x(1,:); x(1,:); VcE];
s = 99;
for t = 1:s
   A0 = (betahat^(-0.5))*(Ahat-(Bhat*Fhat));
   F = Fhat + (inv(Q)*W);
```

```
   x(:,t+1) = (A0*x(:,t)) + (C*EE(:,t+1));
   u(:,t) = -F*x(:,t);
end;
%Simulated value: Deviated value from steady state
khatt = x(2,:)'; z1hatt = x(3,:)'; z2hatt = x(4,:)';
k1hatt = u(1,:)'; pi1hatt = u(2,:)'; pi2hatt = u(3,:)'; xhatt = u(4,:)';
% Steady state values are derived from MATHEMATICA programm,
% Generate those column vector
kbar = 2.47688; zbar1 = 0; zbar2 = 0;
k1bar = 0.973061; pi1bar = 0.45; pi2bar = 0.55; xbar = -0.00265744;
l1 = zeros(size(khatt));
kbar = kbar+l1; zbar1 = zbar1+l1; zbar2 = zbar2+l1;
k1bar = k1bar+l1; pi1bar = pi1bar+l1; pi2bar = pi2bar+l1; xbar = xbar+l1;
% Simulated Values of State and Control Variables
kt = khatt+kbar; z1t = z1hatt+zbar1; z2t = z2hatt+zbar2;
k1t= k1hatt+k1bar; pi1t = pi1hatt+pi1bar; pi2t = pi2hatt+pi2bar; xt = xhatt+xbar;
% Find kat
k2t = kt-k1t;
% Find y1t and y2t
lamda1 = 1; zeta = 0.11; h1bar=0.5; Lny1t = log(lamda1)+ (zeta*log(k1t))+ (1-zeta)*log(pi1t*h1bar)+z1t;
lamda2 =0.83; meu = 0.83; phi = 0.07; h2bar =0.36; t=1;
Lny2t = log(lamda2)+ (meu*log(k2t))+ phi*log(pi2t*h2bar)+ (1-meu-phi)*log(t)+z1t;
Lnyt = Lny1t+Lny2t;
% Detrend by Hodrick-Prescott Filter
CLny1t = Lny1t-hpfilter(Lny1t,100); CLny2t = Lny2t-hpfilter(Lny2t,100);
CLnyt = Lnyt-hpfilter(Lnyt,100);
% Standard deviation of Non-Agricultural Cycle and Agricultural Cycle
Output = [CLny1t CLny2t CLnyt]; SD_Output = 100*std(Output,1);
SD_Showoutput = [SD_Output(:,1);SD_Output(:,2);SD_Output(:,3)];
disp('Standard Deviation: Nonagri agri total'); disp(SD_Showoutput);
% Correlation
Cor_y1t =  corrcoef(CLny1t, CLnyt);
Cor_y2t =  corrcoef(CLny2t, CLnyt);
Output_Corre = [Cor_y1t(2,1);Cor_y2t(2,1)];
disp('Correlation: Nonagri agri and Agri'); disp( Output_Corre);
>> % Autocorrelation: Nonagri
Lag_y1t = lagmatrix(CLny1t, [ 0 1 2 3]);
Lagr_y1t = [Lag_y1t(4,:);Lag_y1t(5,:);Lag_y1t(6,:);Lag_y1t(7,:);Lag_y1t(8,:);Lag_y1t(9,:);Lag_y1t(10,:);
Lag_y1t(11,:);Lag_y1t(12,:);Lag_y1t(13,:);Lag_y1t(14,:);Lag_y1t(15,:);Lag_y1t(16,:);Lag_y1t(17,:);Lag_y1t(18,:);
Lag_y1t(19,:);Lag_y1t(20,:);
Lag_y1t(21,:);Lag_y1t(22,:);Lag_y1t(23,:);Lag_y1t(24,:);Lag_y1t(25,:);Lag_y1t(26,:);Lag_y1t(27,:);Lag_y1t(28,:);
Lag_y1t(29,:);Lag_y1t(30,:);
Lag_y1t(31,:);Lag_y1t(32,:);Lag_y1t(33,:);Lag_y1t(34,:);Lag_y1t(35,:);Lag_y1t(36,:);Lag_y1t(37,:);Lag_y1t(38,:);
Lag_y1t(39,:);Lag_y1t(40,:);
Lag_y1t(41,:);Lag_y1t(42,:);Lag_y1t(43,:);Lag_y1t(44,:);Lag_y1t(45,:);Lag_y1t(46,:);Lag_y1t(47,:);Lag_y1t(48,:);
Lag_y1t(49,:);Lag_y1t(50,:);
Lag_y1t(51,:);Lag_y1t(52,:);Lag_y1t(53,:);Lag_y1t(54,:);Lag_y1t(55,:);Lag_y1t(56,:);Lag_y1t(57,:);Lag_y1t(58,:);
Lag_y1t(59,:);Lag_y1t(60,:);
Lag_y1t(61,:);Lag_y1t(62,:);Lag_y1t(63,:);Lag_y1t(64,:);Lag_y1t(65,:);Lag_y1t(66,:);Lag_y1t(67,:);Lag_y1t(68,:);
Lag_y1t(69,:);Lag_y1t(70,:);
Lag_y1t(71,:);Lag_y1t(72,:);Lag_y1t(73,:);Lag_y1t(74,:);Lag_y1t(75,:);Lag_y1t(76,:);Lag_y1t(77,:);Lag_y1t(78,:);
Lag_y1t(79,:);Lag_y1t(80,:);
Lag_y1t(81,:);Lag_y1t(82,:);Lag_y1t(83,:);Lag_y1t(84,:);Lag_y1t(85,:);Lag_y1t(86,:);Lag_y1t(87,:);Lag_y1t(88,:);
Lag_y1t(89,:);Lag_y1t(90,:);
Lag_y1t(91,:);Lag_y1t(92,:);Lag_y1t(93,:);Lag_y1t(94,:);Lag_y1t(95,:);Lag_y1t(96,:);Lag_y1t(97,:);Lag_y1t(98,:);
Lag_y1t(99,:);Lag_y1t(100,:)];
```

```
Auto1_y1t = corrcoef(Lagr_y1t(:,1),Lagr_y1t(:,2)); Auto2_y1t = corrcoef(Lagr_y1t(:,1),Lagr_y1t(:,3));
Auto3_y1t = corrcoef(Lagr_y1t(:,1),Lagr_y1t(:,4));
% Autocorrelation: agri
Lag_y2t = lagmatrix(CLny2t, [ 0 1 2 3]);
Lagr_y2t = [Lag_y2t(4,:);Lag_y2t(5,:);Lag_y2t(6,:);Lag_y2t(7,:);Lag_y2t(8,:);Lag_y2t(9,:);Lag_y2t(10,:);
Lag_y2t(11,:);Lag_y2t(12,:);Lag_y2t(13,:);Lag_y2t(14,:);Lag_y2t(15,:);Lag_y2t(16,:);Lag_y2t(17,:);Lag_y2t(18,:);
Lag_y2t(19,:);Lag_y2t(20,:);
Lag_y2t(21,:);Lag_y2t(22,:);Lag_y2t(23,:);Lag_y2t(24,:);Lag_y2t(25,:);Lag_y2t(26,:);Lag_y2t(27,:);Lag_y2t(28,:);
Lag_y2t(29,:);Lag_y2t(30,:);
Lag_y2t(31,:);Lag_y2t(32,:);Lag_y2t(33,:);Lag_y2t(34,:);Lag_y2t(35,:);Lag_y2t(36,:);Lag_y2t(37,:);Lag_y2t(38,:);
Lag_y2t(39,:);Lag_y2t(40,:);
Lag_y2t(41,:);Lag_y2t(42,:);Lag_y2t(43,:);Lag_y2t(44,:);Lag_y2t(45,:);Lag_y2t(46,:);Lag_y2t(47,:);Lag_y2t(48,:);
Lag_y2t(49,:);Lag_y2t(50,:);
Lag_y2t(51,:);Lag_y2t(52,:);Lag_y2t(53,:);Lag_y2t(54,:);Lag_y2t(55,:);Lag_y2t(56,:);Lag_y2t(57,:);Lag_y2t(58,:);
Lag_y2t(59,:);Lag_y2t(60,:);
Lag_y2t(61,:);Lag_y2t(62,:);Lag_y2t(63,:);Lag_y2t(64,:);Lag_y2t(65,:);Lag_y2t(66,:);Lag_y2t(67,:);Lag_y2t(68,:);
Lag_y2t(69,:);Lag_y2t(70,:);
Lag_y2t(71,:);Lag_y2t(72,:);Lag_y2t(73,:);Lag_y2t(74,:);Lag_y2t(75,:);Lag_y2t(76,:);Lag_y2t(77,:);Lag_y2t(78,:);
Lag_y2t(79,:);Lag_y2t(80,:);
Lag_y2t(81,:);Lag_y2t(82,:);Lag_y2t(83,:);Lag_y2t(84,:);Lag_y2t(85,:);Lag_y2t(86,:);Lag_y2t(87,:);Lag_y2t(88,:);
Lag_y2t(89,:);Lag_y2t(90,:);
Lag_y2t(91,:);Lag_y2t(92,:);Lag_y2t(93,:);Lag_y2t(94,:);Lag_y2t(95,:);Lag_y2t(96,:);Lag_y2t(97,:);Lag_y2t(98,:);
Lag_y2t(99,:);Lag_y2t(100,:)];
Auto1_y2t = corrcoef(Lagr_y2t(:,1),Lagr_y2t(:,2)); Auto2_y2t = corrcoef(Lagr_y2t(:,1),Lagr_y2t(:,3));
Auto3_y2t = corrcoef(Lagr_y2t(:,1),Lagr_y2t(:,4));
% Autocorrelation: total;
Lag_yt = lagmatrix(CLnyt, [ 0 1 2 3]);
Lagr_yt = [Lag_yt(4,:);Lag_yt(5,:);Lag_yt(6,:);Lag_yt(7,:);Lag_yt(8,:);Lag_yt(9,:);Lag_yt(10,:);
Lag_yt(11,:);Lag_yt(12,:);Lag_yt(13,:);Lag_yt(14,:);Lag_yt(15,:);Lag_yt(16,:);Lag_yt(17,:);Lag_yt(18,:);
Lag_yt(19,:);Lag_yt(20,:);
Lag_yt(21,:);Lag_yt(22,:);Lag_yt(23,:);Lag_yt(24,:);Lag_yt(25,:);Lag_yt(26,:);Lag_yt(27,:);Lag_yt(28,:);
Lag_yt(29,:);Lag_yt(30,:);
Lag_yt(31,:);Lag_yt(32,:);Lag_yt(33,:);Lag_yt(34,:);Lag_yt(35,:);Lag_yt(36,:);Lag_yt(37,:);Lag_yt(38,:);
Lag_yt(39,:);Lag_yt(40,:);
Lag_yt(41,:);Lag_yt(42,:);Lag_yt(43,:);Lag_yt(44,:);Lag_yt(45,:);Lag_yt(46,:);Lag_yt(47,:);Lag_yt(48,:);
Lag_yt(49,:);Lag_yt(50,:);
Lag_yt(51,:);Lag_yt(52,:);Lag_yt(53,:);Lag_yt(54,:);Lag_yt(55,:);Lag_yt(56,:);Lag_yt(57,:);Lag_yt(58,:);
Lag_yt(59,:);Lag_yt(60,:);
Lag_yt(61,:);Lag_yt(62,:);Lag_yt(63,:);Lag_yt(64,:);Lag_yt(65,:);Lag_yt(66,:);Lag_yt(67,:);Lag_yt(68,:);
Lag_yt(69,:);Lag_yt(70,:);
Lag_yt(71,:);Lag_yt(72,:);Lag_yt(73,:);Lag_yt(74,:);Lag_yt(75,:);Lag_yt(76,:);Lag_yt(77,:);Lag_yt(78,:);
Lag_yt(79,:);Lag_yt(80,:);
Lag_yt(81,:);Lag_yt(82,:);Lag_yt(83,:);Lag_yt(84,:);Lag_yt(85,:);Lag_yt(86,:);Lag_yt(87,:);Lag_yt(88,:);
Lag_yt(89,:);Lag_yt(90,:);
Lag_yt(91,:);Lag_yt(92,:);Lag_yt(93,:);Lag_yt(94,:);Lag_yt(95,:);Lag_yt(96,:);Lag_yt(97,:);Lag_yt(98,:);
Lag_yt(99,:);Lag_yt(100,:)];
Auto1_yt = corrcoef(Lagr_yt(:,1),Lagr_yt(:,2));  Auto2_yt = corrcoef(Lagr_yt(:,1),Lagr_yt(:,3));
Auto3_yt = corrcoef(Lagr_yt(:,1),Lagr_yt(:,4)); Output_autonon =
[Auto1_y1t(2,1);Auto2_y1t(2,1);Auto3_y1t(2,1)];
disp('Autocorrelation Lag1 Lag2 Lag3: Nonagri agri'); disp(Output_autonon);
Output_autoagri = [Auto1_y2t(2,1);Auto2_y2t(2,1);Auto3_y2t(2,1)];
disp('Autocorrelation Lag1 Lag2 Lag3: agri'); disp(Output_autoagri);
Output_autototal = [Auto1_yt(2,1);Auto2_yt(2,1);Auto3_yt(2,1)];
disp('Autocorrelation Lag1 Lag2 Lag3: total'); disp(Output_autototal);
```

ประวัติย่อผู้วิจัย

นาย จิรวัฒน์ เจริญสถาพรกุล
อาจารย์ประจำสำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ถนนสุขุมวิท ซอย สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 08-91555632 Email: jirawatj@swu.ac.th

ประวัติการศึกษา

2550: ปร.ด. (เศรษฐศาสตร์เกษตร) (หลักสูตรนานาชาติ)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2542: ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์)	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2537: วท.บ. (เศรษฐศาสตร์เกษตร)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการรับทุนวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒปี 2545
วิจัยร่วมกับ ผศ. ณัฐกา ตันสกุล "สภาพหนี้สินนอกระบบของครัวเรือนเกษตรในจังหวัดนครนายก"

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา): การสร้างแบบจำลองเศรษฐกิจมหภาค