ธรรมชาติของสมการภาวะทางอุณหพลศาสตร์สู่สมการภาวะทางเศรษฐศาสตร์

Nature of Thermodynamics Equation of State towards Economics Equation of State

บุรินทร์ กำจัดภัย[1,2,3] และ ยุทธนา เศรษฐปราโมทย์[3]

Burin Gumjudpai[1,2,3] and Yuthana Sethapramote[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วิพากษ์ตัวแปรพิกัดอุณหพลศาสตร์ของระบบต่างๆ ในแง่ของบทบาทเชิงผลกระทบแบบ endogenous ในสมการภาวะ เพื่อสร้างกระบวนทัศน์กลางในการสร้างสมการภาวะขึ้นจากระบบอื่นๆที่ยังไม่เป็นที่รู้จักโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบทางเศรษฐศาสตร์ เราเสนอแผนภาพผลกระทบแบบ endogenous เพื่อจำแนกกลุ่มของสมการภาวะต่างๆและใช้เป็นฐานความคิดในการสร้างสมการภาวะสำหรับระบบเศรษฐศาสตร์ขึ้น การเชื่อมโยงอุณหพลศาสตร์เข้ากับเศรษฐศาสตร์ในการวิจัยนี้มุ่งหาสมการภาวะให้ได้ก่อน เราจำแนกสมการภาวะเป็น 2 class และพบว่าสมการภาวะของระบบตลาดที่มีอุปสงค์ต่อราคาเป็นแบบยูนิแทรีและมีอุปทานเป็นเชิงเส้นต่อราคาที่เสนอโดย (Gumjudpai, 2018) มิอาจจัดเป็น class ใหม่ได้และพบความบกพร่องในแง่ทฤษฎีที่ว่าพื้นผิวสมดุลไม่อาจสร้างขึ้นได้เนื่องจากมีองศาความเป็นเสรีเพียง 1 องศาเท่านั้น

คำสำคัญ : รูปแบบอุณหพลศาสตร์ของเศรษฐศาสตร์ สมการภาวะ

Abstract

This work critics on nature of thermodynamics coordinates. Roles of the variables in the equation of state (EoS) with endogenous effect are considered so that central paradigm is constructed to lay a foundation in constructing other unknown EoS, especially EoS for an economics system. Our basic consideration is that EoS is to be proved to exist prior to find the maximized quantities. We classify EoS into two classes and we find that the EoS of market with unitary price demand and price-linearly supply function proposed by (Gumjudpai, 2018) is not regarded as a new class. We find theoretical shortcomings of the EoS function. For instance, it has only one degree of freedom hence it is not an equilibrium surface.

Keywords : Thermodynamics Formulation of Economics, Equation of State

[1] วิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน “สถาบันสำนักเรียนท่าโพธิ์ฯ”, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก 65000, ประเทศไทย

The Institute for Fundamental Study “The Tah Poe Academia Institute”, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand.

[2] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์, กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพ 10400, ประเทศไทย

Thailand Center of Excellence in Physics, Ministry of Education, Bangkok 10400, Thailand.

[3] คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพ 10240, ประเทศไทย

Graduate School of Development Economics, National Institute of Development Administration (NIDA), Bangkok 10240, Thailand.

บทนำ

ฟิสิกส์มีอยู่สองประเภทเมื่อจำแนกตามที่มาเชิงทฤษฎี ประเภทแรกคือองค์ความรู้ที่หามาจากหลักการแอ็กชันต่ำสุด ส่วนอีกประเภทคืออุณหพลศาสตร์สมดุล(หรือชื่อที่ควรเรียกคือ อุณหสถิตยศาสตร์) ทั้งสองสาขาเกิดเกิดการตั้งสัจพจน์เริ่มแรกหรือไม่ก็ประมวลขึ้นจากผลข้อมูลเชิงประจักษ์ กฎเชิงประจักษ์ในอุณหสถิตยศาสตร์นั้นโดยมากเป็นสมการภาวะ (equation of state, EoS) ซึ่งคือฟังก์ชันเชิงคณิตศาสตร์ที่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T) ตัวแปรพิกัดอินเท็นซีฟ (Y) และตัวแปรพิกัดเอ็กเท็นซีฟ (X) ในรูปแบบของ $g(X,Y,T) = 0$ ดังนั้นในปริภูมิพิกัด (X,Y,T) สมการภาวะจึงเป็นพื้นผิวบังคับ (constraint surface) ที่ลดจำนวนองศาความเป็นเสรี (degree of freedom) ลงไป 1 องศาจากทั้งหมดที่มี 3 องศา ดังนั้นจึงเหลือองศาความเป็นเสรีเพียง 2 องศา ในงานวิจัยนี้เราสังเกตว่ามีลักษณะบางประการของตัวแปรเหล่านี้ที่ควรพิจารณาให้ความสำคัญ ลักษณะเหล่านี้คือคุณสมบัติเชิงผลกระทบของตัวแปรแต่ละตัวในการมีความสัมพันธ์ไปยังตัวแปรตัวอื่นๆ เราได้วิเคราะห์และวิพากษ์ในประเด็นที่ว่าสมการภาวะที่เขียนขึ้นในรูปแบบที่รู้จักกันนี้มีลักษณะเชิงผลกระทบเช่นไรและทำการวิจารณ์สมการภาวะของระบบทางเศรษฐศาสตร์ที่รายงานไปก่อนหน้านี้ใน (Gumjudpai, 2018) ว่าเหมาะสมหรือไม่เมื่อพิจารณาด้วยหลักคิดที่สังเกตได้ใหม่นี้ การพิจารณาถึงความเป็นไปได้ที่จะมีสมการภาวะสำหรับระบบทางเศรษฐศาสตร์นี้อาจนำไปสู่การวางรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาวิธีการศึกษาเศรษฐศาสตร์ด้วยกระบวนทัศน์อุณหพลศาสตร์ ที่ผ่านมามีข้อเสนอที่สำคัญบางชิ้นในการสร้างรูปแบบเชิงอุณหพลศาสตร์ของวิชาเศรษฐศาสตร์ อาทิเช่น งานวิจัยของ (Smith & Foley, 2008) และ (Saslow, 1999) ซึ่งทั้งสองงานวิจัยมีวิธีการที่แตกต่างกันในการเชื่อมโยงเศรษฐศาสตร์เข้ากับอุณหพลศาสตร์ ในงานวิจัยของ (Smith และ Foley, 2008) ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (utility function) ได้รับการอุปมาเข้ากับเอนโทรปี และ ตัวแปรคู่เชิงกล (mechanical pair) คือปริมาณสินค้าและบริการ (commodities) เป็นตัวแปรเอ็กเท็นซีฟ X และอัตราส่วนของการทดแทนกัน (marginal rate of substitution) เป็นตัวแปรอินเท็นซีฟ Y กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ จึงเป็นการอนุรักษ์ของสินค้าและบริการ (conservation of commodities) แทนที่จะเป็นการอนุรักษ์พลังงานภายใน ในกระบวนทัศน์เช่นนี้อรรถประโยชน์จะต้องมีค่าสูงสุด (maximize) อุปมาเช่นเดียวกับเอนโทรปี อีกงานวิจัยหนึ่งที่สำคัญคือ (Saslow, 1999) ซึ่งให้ฟังก์ชันอรรถประโยชน์อุปมากับพลังงานภายใน ความมั่งคั่ง (wealth) อุปมากับพลังงานเสรีเฮมโฮลต์ซ (Helmholtz free energy) ราคาอุปมากับศักย์เคมี ปริมาณสินค้าและบริการอุปมากับจำนวนอนุภาค และ ปริมาณส่วนเกิน (surplus) ทางเศรษฐศาสตร์อุปมากับ TS (ผลคูณของอุณหภูมิกับเอนโทรปี) ใน (Gumjudpai, 2018) ซึ่งได้รับอิทธิพลทางแนวคิดจากมูลบทของคาราธีโอโดรี (Carathéodory's axiom) (ดูเพิ่มเติมได้ในตัวอย่างเช่น (Buchdahl, 1966) และ (Münster, 1970) ได้ถือว่าการสร้างสมการภาวะด้วยวิธีเชิงประจักษ์นิยมนั้นสำคัญก่อนสิ่งอื่นและต้องยึดถือเป็นหลักตั้งต้นก่อนที่จะสนใจการหาตัวแปรที่มีค่าสูงสุดที่สมดุล เมื่อได้สมการภาวะขึ้นมาก่อนแล้วศักย์เชิงอุณหพลศาสตร์เช่นพลังงานภายในก็จะสามารถมีได้ (exist) อันเป็นผลสืบเนื่องของการมีสมการภาวะขึ้นก่อนซึ่งคือพื้นผิวสมดุลทางอุณหพลศาสตร์นั่นเอง ในงานวิจัยนี้เราจะถือเอามูลบทของคาราธีโอโดรีเป็นหลัก ดังนั้นก่อนอื่นเราจะพิจารณาโดยละเอียดถึงส่วนประกอบของสมการภาวะ ซึ่งก็คือตัวแปรพิกัดอุณหพลศาสตร์นั่นเองและหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นก้าวหนึ่งสู่การอุปมารูปแบบอุณหพลศาสตร์ของวิชาเศรษฐศาสตร์โดยสมบูรณ์ในที่สุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาธรรมชาติของตัวแปรอุณหพลศาสตร์
2. เพื่อพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรอุณหพลศาสตร์
3. เพื่อตรวจสอบสมการภาวะของระบบเศรษฐศาสตร์ที่เสนอโดย (Gumjudpai, 2018)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์การวิจัยคือฐานข้อมูลสารนิพนธ์การวิจัยระดับนานาชาติ
2. วิธีการวิจัยคือกระบวนการคิดเชิงวิพากษ์ (criticism) กับกระบวนวิธีทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ร่วมกับการทดลองเชิงความคิด (thought experiment)

ผลและวิจารณ์

1. ผลกระทบแบบ endogenous และ exogenous

คำว่า endogenous และ exogenous เป็นคำศัพท์ในวิชาเศรษฐศาสตร์ ในที่นี้จะให้ความหมายทางคณิตศาสตร์ของทั้งสองคำดังนี้ ในกรณีอย่างง่ายคือกรณีสามตัวแปรที่เป็นจำนวนจริง x, y, z เมื่อเรามีฟังก์ชัน

$$z = f(x,y) = z(x,y) \tag{1}$$

เราจะกล่าวว่า x เป็นตัวแปร endogenous ของ f เมื่อพิจารณาให้ y คงที่ เช่น

$$z_1 = f(x, y_1) \tag{2}$$

โดย x มีผลกระทบแบบ endogenous ต่อ z ในขั้นต่อไปหาก y มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าคงที่ y_1 ไปเป็นค่าคงที่ y_2 เราได้

$$z_2 = f(x, y_2) \tag{3}$$

เรากล่าวว่า y เป็นตัวแปร exogenous ของ f และ y มีผลกระทบแบบ exogenous ต่อ z การเปลี่ยนแปลงของตัวแปร exogenous นี้อาจเรียกว่ามีการเปลี่ยนแปลงแบบ shock ของอุปสงค์หรืออุปทานของตลาดในบริบทของวิชาเศรษฐศาสตร์

2. บทบาทของตัวแปรพิกัดทางอุณหพลศาสตร์

ตัวแปรพิกัดทางอุณหพลศาสตร์นั้นไม่ได้เท่าเทียมกันในแง่การเป็นแกนพิกัดของปริภูมิ 3 มิติ เราสังเกตว่าตัวแปรพิกัด 3 มิตินี้คือ อุณหภูมิ (T)ตัวแปรอินเท็นซีฟ (Y)และตัวแปรเอ็กเท็นซีฟ (X) ตัวแปรอุณหภูมิถือเป็นตัวแปรพื้นฐานของอุณหพลศาสตร์โดยแท้เพราะเกิดจากกฎสัจพจน์ข้อที่ 0 ของอุณหพลศาสตร์ แต่ตัวแปร X และ Y นั้นได้มาจากองค์ความรู้ฟิสิกส์ประเภทแรกคือประเภทที่ได้มาจากหลักการแอ็กชันต่ำสุด คู่ของ X, Y นี้จึงเรียกว่าตัวแปรคู่เชิงกล ตัวอย่างเช่น ในระบบอุทกสถิต ตัวแปร X คือปริมาตร V, ตัวแปร Y คือ -1 คูณกับความดัน $(-P)$ ในระบบแม่เหล็กพารา (paramagnetics) ตัวแปร X คือสภาพความเป็นแม่เหล็ก (magnetization) M, ตัวแปร Y คือความเข้มสนามแม่เหล็ก B_0 จากภายนอก ในลวดที่ยืดหยุ่นตัวแปร X คือ $\ell \equiv x^2/2$ และตัวแปร Y คือ

$f \equiv F/x$ (แรงต่อหน่วยความยาว) ในระบบฟิล์มบางสองหน้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว x กว้าง l คงที่ ตัวแปร X คือพื้นที่ $A = lx$ ตัวแปร Y คือ 2Γ โดย $\Gamma = F/l$ คือความตึงผิว ในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่ผันกลับได้ (อุดมคติ) ตัวแปร X คือประจุไฟฟ้า q ส่วนตัวแปร Y คือแรงเคลื่อนไฟฟ้า ε ซึ่งก็คือพลังงานต่อหน่วยประจุ ในสารไดอิเล็กทริก ตัวแปร X คือไดโพลโมเมนต์ไฟฟ้ารวม P_d ตัวแปร Y คือความเข้มสนามไฟฟ้า E จากภายนอก

2.1 **ตัวแปรX**

เมื่อพิจารณาเฉพาะผลกระทบแบบ endogenous บางกรณี X มีบทบาทเป็นผู้ถูกกระทำ (passive) คือเป็นผลกระทบ (effect) จากอิทธิพลหรืออำนาจ (influence) อื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น ปริมาตร V มิอาจเปลี่ยนแปลงได้เองหากมิใช่เพราะมีการเปลี่ยนแปลงความดัน ปริมาตรจึงได้รับผลกระทบจากต้นเหตุคือความดัน หรือสภาพความเป็นแม่เหล็ก M มิอาจเปลี่ยนแปลงได้เองหากมิใช่เพราะผลจากการเปลี่ยนแปลงของ B_0 หรือ T ในกรณีแม่เหล็กพารานี้ตัวแปร X คือ M สามารถมีบทบาท active ได้อีกด้วย โดย M เป็นต้นเหตุของการเปลี่ยนแปลงในตัวแปร T

2.2 **ตัวแปร Y**

เราสังเกตว่าตัวแปร Y เป็นอำนาจหรืออิทธิพลจำเพาะต่อหน่วย โดยสังเกตได้ว่า Y มีสองลักษณะ โดยลักษณะแรกคือ Yเป็นอำนาจหรืออิทธิพลจำเพาะต่อหน่วยของปริมาณตัวแปร X โดยอิทธิพลนั้นส่งผลกระทบแบบ endogenous โดยตรงต่อปริมาณ X เช่นในกรณีของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ Y คือ ε ซึ่งเป็นพลังงานที่เป็นอิทธิพลขับเคลื่อนต่อหน่วยประจุ (ซึ่งประจุ q คือตัวแปร X) ในการขับเคลื่อนประจุซึ่งก็เป็นตัวแปร X อีกลักษณะหนึ่งคือ Yเป็นอำนาจหรืออิทธิพลจำเพาะต่อหน่วยของปริมาณที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปริมาณ X ที่อิทธิพลนั้นจะส่ง เช่น

- ในระบบอุทกสถิต Y คือความดันซึ่งเป็นอิทธิพลแรงต่อหน่วยพื้นที่ แต่แรงส่งผลต่อการเปลี่ยน-แปลงปริมาตรซึ่งเป็นตัวแปร X โดยพื้นที่นั้นสัมพันธ์กับปริมาตร
- ในลวดที่ยืดหยุ่นตัวแปร Y คืออำนาจแรงต่อหน่วยความยาว x แต่มีตัวแปร X ที่ได้รับผลกระทบ คือ

$l = x\text{^}2 \ / \ 2$ (มิใช่ x)

- ในระบบฟิล์มบาง Y คือ 2Γ โดย Γคือแรงต่อความยาว X ที่เปลี่ยนแปลงคือพื้นที่ $A = lx$
- ในกรณีของสารแม่เหล็กพารา Y คือ B_0 ซึ่งมีแนวคิดในเชิงของอิทธิพลต่อหน่วยขั้วแม่เหล็กเดี่ยว (ซึ่งไม่มีอยู่จริง) สัมพันธ์กับโมเมนต์แม่เหล็กรวม (ปริมาณ X) ในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตัวแปร X คือโมเมนต์แม่เหล็กรวม
- ในกรณีของสารไดอิเล็กทริก Y คือความเข้มสนามไฟฟ้า E ซึ่งเป็นอิทธิพลต่อหน่วยประจุไฟฟ้า (ซึ่งสัมพันธ์กับไดโพลโมเมนต์คือตัวแปร X) ในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง X คือไดโพลโมเมนต์ไฟฟ้าโดย $P_d = \sum p_i$ และ $p_i = qd$ เมื่อ d เป็นขนาดเวกเตอร์ชี้จากขั้วลบไปยังขั้วบวก

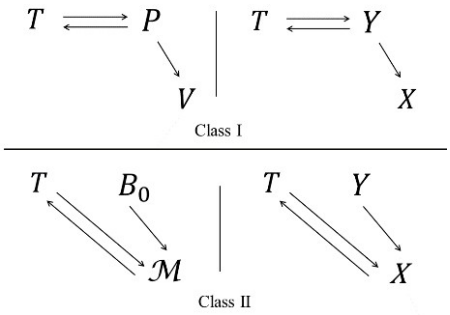
จะเห็นได้ว่า ตัวแปร Y มีบทบาท active เป็นต้นเหตุของผลกระทบแบบ endogenous ได้ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ตัวแปร Y ยังอาจมีบทบาทเป็นผู้ถูกกระทำคือเป็น passive จากผลกระทบ endogenous จากอุณหภูมิได้เช่นกัน

2.3 อุณหภูมิ

T เป็นอำนาจพื้นหลังของสมการภาวะ T ต้องมีบทบาททั้งสองประเภทคือแบบที่เป็น active หรือ passive เช่นในระบบอุทกสถิต T มีผลกระทบแบบ endogenous ต่อความดัน P (เป็น Y) ได้ และในทางกลับกัน P มีผลกระทบแบบ endogenous ต่อ T ได้เช่นกัน หรือในสารแม่เหล็กพาราสถิต T มีผลกระทบแบบ endogenous ต่อ M (เป็น X) ได้ และในทางกลับกัน M มีผลกระทบแบบ endogenous ต่อ T ได้เช่นกัน

3. แผนภาพผลกระทบแบบ endogenous ของตัวแปรพิกัดสำหรับระบบอุทกสถิตและแม่เหล็กพารา

ระบบอุทกสถิตและแม่เหล็กพาราเป็นสองระบบอย่างง่ายที่เราทราบรูปแบบสมการภาวะเป็นอย่างดีจึงเลือกเป็นตัวแทนของกรณีศึกษา ทั้งนี้เพราะระบบอื่นๆล้วนคล้ายคลึงกับระบบทั้งสอง กล่าวคือระบบลวดยืดหยุ่นและระบบฟิล์มบางนั้นคล้ายคลึงกับระบบอุทกสถิตเพราะเป็นกระบวนการเชิงกล ส่วนระบบเซลล์อิเล็กโทรไลต์และสาร ไดอิเล็กทริกนั้นคล้ายคลึงกับระบบแม่เหล็กพาราเพราะเป็นกระบวนการทางแม่เหล็กไฟฟ้า เราวิเคราะห์โครงสร้างเชิงผลกระทบแบบ endogenous โดยให้ลูกศรโยงจากตัวแปรต้นเหตุซึ่งเป็น active ไปยังตัวแปรที่ได้รับผลกระทบให้เปลี่ยนแปลงไปซึ่งเป็น passive เราได้แผนภาพจำแนกเป็น 2 class ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: แสดงแผนภาพเชื่อมโยงผลกระทบแบบ endogenous ของสมการภาวะสำหรับระบบอุทกสถิต (บน) และระบบแม่เหล็กพารา (ล่าง) ซึ่งถือเป็นตัวแทนของสมการภาวะ Class I และ Class II เพื่อการกำหนดให้เป็นทั่วไปในด้านขวาของรูปได้แสดงแผนภาพด้วยตัวแปร X, Y

เรายังพิจารณาได้ว่าหากเขียนสมการภาวะของระบบอุทกสถิตที่เป็นแก๊สอุดมคติและของแม่เหล็กพาราสัมบูรณ์ (กฎของกูรี) ในรูปของ X, Y และให้ k เป็นค่าคงที่โดยพิจารณาให้ k เป็น ตัวคูณของผลกระทบผสมโดยรวม (magnification factor of combined effects) ของ Y และ T เราจะได้ว่า

Class I: $$V = \frac{nRT}{P} \quad \Longrightarrow \quad X = k\left(\frac{T}{Y}\right) \tag{4}$$

Class II: $$\mathrm{M} = C\frac{B_0}{T} \quad \Longrightarrow \quad X = k\left(\frac{Y}{T}\right) \tag{5}$$

จะเห็นได้ว่าสำหรับ Class I นั้น T ให้ผลเชิงเสริมคือแปรโดยตรงกับ X ในขณะที่ Y ให้เชิงลดทอนคือแปรผกผันกับ $X\Gamma$ ในกรณี Class II นั้นกลับมีผลตรงกันข้ามกับของ Class I กล่าวคือใน Class II นั้น Y ให้ผลเชิงเสริมคือแปรโดยตรงกับ X ในขณะที่ T ให้เชิงลดทอนคือแปรผกผันกับ X

4. **สมการภาวะของตลาดที่มีความยืดหยุ่นอุปสงค์ต่อราคาแบบยูนิแทรีและมีอุปทานเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นกับราคา**

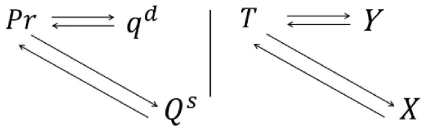
ด้วยข้อสังเกตดังกล่าวไปแล้วเกี่ยวกับบทบาทและลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรพิกัดของอุณหพลศาสตร์ เราจะพิจารณาระบบตลาดที่มีอุปสงค์ต่อราคาเป็นแบบยูนิแทรี (unitary price demand) และมีอุปทานเป็นเชิงเส้นต่อราคาดังเสนอก่อนหน้านี้ใน (Gumjudpai, 2018) ซึ่งมีสมการภาวะเป็น

$$g(Q^s, q^d, \mathrm{Pr}) = 0 \qquad \text{โดย} \qquad Q^s = \frac{1}{K} q^d Pr \tag{6}$$

โดย Q^s คือปริมาณอุปทาน q^d เป็นอุปสงค์ต่อหน่วยครัวเรือน และ Pr คือราคาสินค้าหรือบริการเมื่อให้ตลาดมีประสิทธิภาพและมีความสมมาตรในข้อมูลตลาด โดยพิจารณาว่า X คือ Q^s, Y คือ q^d และ T คือ Pr ด้วยเหตุที่ว่าอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่กำหนดสมดุลความร้อนและเกิดจากกฎสัจพจน์ข้อที่ 0 และด้วยว่าราคากำหนดสมดุลตลาด (Gumjudpai, 2018) จึงมีสมมติฐานว่าราคาน่าจะเป็นตัวแปรพิกัดจากสัจพจน์มูลฐานในฐานะเฉกเช่นอุณหภูมิ เราแสดงการเปรียบเทียบตัวแปรในตารางที่ 1 เราเขียนแผนภาพผลกระทบ endogenous ด้วยบนพื้นฐานของกลไกราคา (price mechanism) ในตลาดได้ดังรูปที่ 2 และเมื่อใช้ตัวแปร X, Y ได้ว่า Y และ T ให้ผลเชิงเสริมต่อ X กล่าวคือทั้ง Y และ T แปรผันโดยตรงกับ X

$$Q^s = \frac{1}{K} q^d Pr \quad \Longrightarrow \quad X = k(YT) \tag{7}$$

ก่อนที่จะถือได้ว่าสมการนี้เป็น Class III ของการจำแนกพวกของสมการภาวะ มีข้อวิพากษ์คือ



รูปที่ 2: แสดงแผนภาพเชื่อมโยงผลกระทบแบบ endogenous ของสมการภาวะสำหรับตลาดที่มีความยืดหยุ่นอุปสงค์ต่อราคาแบบยูนิแทรีและมีอุปทานเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นกับราคา โดยในด้านขวาของรูปได้แสดงแผนภาพด้วยตัวแปร X, Y

อุณหพลศาสตร์	*X*	*Y*	*T*
เศรษฐศาสตร์ (ตลาด)	Q^s	q^d	*Pr*

ตารางที่ 1: แสดงการเปรียบเทียบตัวแปรสมการภาวะทางอุณหพลศาสตร์กับตัวแปรของสมการภาวะสำหรับตลาดที่มีความยืดหยุ่นอุปสงค์ต่อราคา

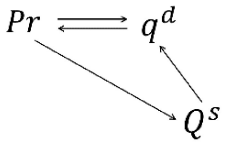
ประเด็นที่ 1: จำนวนเส้นลูกศรผลกระทบ endogenous ในระบบตลาดนี้มี 4 เส้นซึ่งมากกว่าสมการภาวะอื่นๆ 1 เส้น โดยมีเส้นที่พุ่งออกจาก *Pr* ถึง 2 เส้นและพุ่งเข้าหา *Pr* ถึง 2 เส้นเช่นกัน และแม้หากเราพิจารณาตามกฎ

ของเซย์ (Say's law) ของสำนักเศรษฐศาสตร์คลาสสิก (classical school of economics) (เช่นใน (Saxton, 2011)) ที่ว่าปริมาณอุปทานกำหนดปริมาณอุปสงค์และตามกฎของเซย์ย่อมไม่มีผลผลิตส่วนเกิน โดยหากให้อุปทานไม่มีผลต่อราคาตลาดหากแต่ราคาตลาดกำหนดอุปทาน เราจะพบว่าแผนภาพเปลี่ยนไปเป็นดังรูปที่ 3 ซึ่งยังคงมีลูกศร 4 เส้นเช่นเดิมและเกิดวงลูปครบรอบขึ้นที่ไม่สมเหตุสมผลทางเศรษฐศาสตร์คือตามกฎของเซย์เมื่อ Q^s เพิ่มเราได้ q^d เพิ่ม ราคาจึงสูงขึ้นและจากนั้น ราคาที่สูงขึ้นทำให้ q^d ลดลงแต่ทำให้ Q^s เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าสุดท้ายแล้วเมื่อ Q^s เพิ่มขึ้น q^dไม่เพิ่มขึ้นดังเช่นแรกเริ่ม แต่ต้องรอผลกระทบ Q^s ที่เพิ่มขึ้นเพื่อทำให้ q^d เพิ่มขึ้นได้อีกทั้งๆ ที่ราคาแพงอยู่แล้ว เช่นนี้จึงย้อนแย้งกันเอง ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะการที่อุปทานกำหนดอุปสงค์ได้เป็นเพราะการผลิตทำให้เกิดการจ้างงานและผู้บริโภคมีรายได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีอุปสงค์เพิ่มขึ้น ผลกระทบลักษณะนี้ขึ้นกับตัวแปร exogenous คือรายได้,ค่าจ้างและปริมาณการจ้างงานในตลาดแรงงานซึ่งนอกเหนือขอบเขตของแผนภาพผลกระทบ endogenous ที่เราเสนอขึ้นสำหรับสมการภาวะ

ประเด็นที่ 2: ที่สมดุลตลาด $Q^s = Q^d$ จึงมีเงื่อนไขบังคับเพิ่มเติมคือ

$$q^d = \frac{Q^d}{N} = \frac{Q^s}{N} \qquad \text{หรือ} \qquad h(q^d, Q^s) = 0 \tag{8}$$

ซึ่งเมื่อรวมกับสมการภาวะ จะทำให้มีองศาความเป็นเสรีเหลือเพียง 1 เท่านั้น การวิวัฒน์ใดๆจึงเป็นเพียงกระบวนการ (process) ที่ภาวะกึ่งสถิตเท่านั้น และไม่อาจนิยามพื้นผิวสมดุล 2 มิติได้



รูปที่ 3: แสดงแผนภาพเชื่อมโยงผลกระทบของสมการภาวะสำหรับตลาดที่มีความยืดหยุ่นอุปสงค์ต่อราคาแบบยูนิแทรีและมีอุปทานเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นกับราคา โดยผนวกกับแนวคิดจากกฎของเซย์

สรุป

เราสนใจลักษณะสำคัญของตัวแปรพิกัดอุณหพลศาสตร์ของระบบต่างๆและวิพากษ์บทบาทของตัวแปรพิกัดเอ็กเท็นซีฟ อินเท็นซีฟ และอุณหภูมิ ในสมการภาวะเพื่อสร้างกระบวนทัศน์กลางในการสร้างสมการภาวะขึ้นจากระบบอื่นๆที่ยังไม่เป็นที่รู้จักเช่นระบบเศรษฐศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ธรรมชาติของตัวแปรพิกัดเราเสนอแผนภาพผลกระทบแบบ endogenous เพื่อจำแนกกลุ่มของสมการภาวะของระบบกายภาพต่างๆเพื่อเป็นฐานความคิดในการสร้างสมการภาวะสำหรับระบบเศรษฐศาสตร์ขึ้น งานวิจัยนี้ได้พยายามแสวงหาความเชื่อมโยงนี้เช่นกันโดยมีข้อแตกต่างสำคัญจากงานวิจัยอื่นๆคืองานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนมูลบทของคาราธีโอโดรีซึ่งถือว่าการมีสมการภาวะที่ได้จากข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์นั้นสำคัญและถือเป็นหลักแรกเริ่ม ในงานวิจัยนี้เราพบว่าสามารถจำแนกสมการภาวะเท่าที่ทราบในระบบกายภาพได้เป็น 2 class เราได้ใช้กระบวนทัศน์นี้ในการพิจารณาวิเคราะห์สมการภาวะของระบบตลาดที่มีอุปสงค์ต่อราคาเป็นแบบยูนิแทรี และมีอุปทานเป็นเชิงเส้นต่อราคาที่เสนอไว้ก่อนหน้านี้ใน (Gumjudpai, 2018) เราพบว่าสมการภาวะของระบบเศรษฐศาสตร์ดังกล่าวมิอาจจัดเป็น Class III ได้และยังมีความไม่สมบูรณ์ในแง่

ทฤษฎีที่ว่าพื้นผิวสมดุลไม่อาจสร้างขึ้นได้เนื่องจากมีเงื่อนไขบังคับสองสมการที่ลดจำนวนองศาความเป็นเสรีเหลือเพียง 1 องศาเท่านั้น

คำขอบคุณ

ชลธิชา กฤษณ์เพ็ชร์ สำหรับการเตรียมบทความ งานวิจัยนี้สนับสนุนโดยคณะพัฒนาการเศรษฐกิจ NIDA และ ThEP

เอกสารอ้างอิง

Buchdahl, H. A. 1966. *THe Concepts of Classical Thermodynamics*. New York: Cambridge University Press.

Gumjudpai, B. 2018. Towards equation of state for a market: A thermodynamical paradigm of economics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1144: 012181.

Münster, A. 1970. *Classical Thermodynamics.* Bristol: Wiley-Interscience.

Saslow, W. M. 1999. An economic analogy to thermodynamics. *American Journal of Physics*, 67 (12), 1239.

Saxton, R. L. 2011. *The Exploration of Macroeconomics, 5th Ed.* South-Western Cengage.

Smith, E., & Foley, D. 2008. Classical thermodynamics and economic general equilibrium theory. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32, 7-65.