บทที่ ๓

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยจะได้นำเสนอการใช้ สูตรเสริมรูมิติอย่างละเอียดเพื่อประกอบคำอธิบายการเลือกใช้สูตร, ลักษณะและแหล่งของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าตัวแปร, การหาค่าสัมประสิทธิ์ และการประเมินกำลังคนในอันดับสุดท้าย

สูตรเสริมรูมิติทางการศึกษาภาคขยาย

สูตรเสริมรูมิติทางการศึกษาที่ผู้วิจัยจะนำเสนอเป็นสูตรที่ได้กระจายจากสูตรในภาคคำจำกัดความที่ใช้สัญญลักษณ์แทนจนครบทุกสูตร

1) $N_t^2 = \nu^2 V_t$

2) $N_t^2 = (1 - \lambda^2) N_{t-1}^2 + m_t^2$

3) $m_t^2 = \mu^{2g} n_{t-1}^2 + \mu^{3s_1 d} n_{t-1}^{3s_1} + \mu^{3s_2 d} n_{t-1}^{3s_2} - n_t^3$

4) $m_t^{3s_1} = \mu^{3s_1 g} n_{t-1}^{3s_1}$

5) $m_t^{3s_2} = \mu^{3s_2 g} n_{t-1}^{3s_2}$

6) $N_t^{3s1} = (1 - \lambda^{3s_1}) N_{t-1}^{3s_1} + m_t^{3s_1}$

7) $N_t^{3s_2} = (1 - \lambda^3) N_{t-1}^{3s_2} + m_t^{3s_2}$

8) $N_t^{3s_1} = \nu^{3s_1} V_t^{s_1}$

9) $N_t^{3s_2} = \nu^{3s_2} V_t^{s_2} + \pi^2 n_t^2 + \pi^3 n_t^3$

10) $n_t^3 = n_t^{3s_1} + n_t^{3s_2}$

11) $m_t^3 = m_t^{3s_1} + m_t^{3s_2}$

12) $N_t^3 = N_t^{3s_1} + N_t^{3s_2}$

13) $V_t = V_t^{s_1} + V_t^{s_2}$

เมื่อตัวแปร V = ผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศ

N = สต็อกกำลังคน

m = ผู้เข้าสู่แรงงานใหม่

n = จำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในสถานศึกษา

ดัชนี s_1 = ดัชนีบอกสาขาวิทยาศาสตร์

s_2 = ดัชนีบอกสาขาอื่น

t = ดัชนีบอกช่วงเวลา ๑ หน่วยเท่ากับ ๕ ปี

z = ดัชนีบอกระดับมัธยมศึกษา

3 = ดัชนีบอกระดับอุดมศึกษา

สัมประสิทธิ์ γ = สัมประสิทธิ์ทางเทคนิค

λ = อัตราจำหน่ายสต็อกกำลังคน

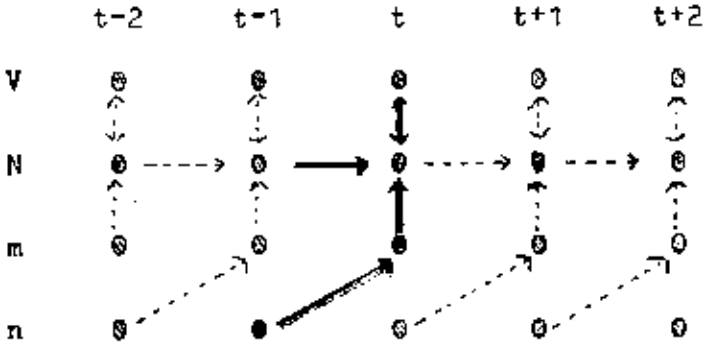
μ^E = อัตราสำเร็จการศึกษา

μ^d = อัตราออกจากสถานศึกษากลางคัน

π = เรโชครูต่อนักเรียน ๑ คน

ความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในสูตรทั้งหมดอาจจะแสดงได้ด้วยแผนภูมิที่ ๒ ทำนองเดียวกัน

แผนภูมิที่ ๒ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา ในรูปความสัมพันธ์แบบเคลื่อนที่ (dynamic Relations)



จากแผนภูมิที่ ๒ ตัวแปรผู้เข้าสู่แรงงานใหม่ตลอดช่วงเวลา t ได้แก่จำนวนนักเรียน ณ ช่วงเวลาก่อน (t-1) ตามข้อสมมุติเบื้องต้น ถ้าไม่มีผู้สอบตกตลอดช่วงเวลา t-1 จำนวนผู้เข้าสู่แรงงานใหม่ (m) ตลอดช่วงเวลา t คือจำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในชั้นสุดท้ายของช่วงเวลา t-1 นั่นเอง ค่าตัวแปรสต็อกกำลังคน (N) ณ จุดปลายช่วงเวลา t ได้จากสต็อกกำลังคนที่มีอยู่แล้วในช่วงเวลาก่อน (t-1) รวมกับผู้เข้าสู่แรงงานใหม่ (m) ตลอดช่วงเวลา t และค่าสต็อกกำลังคนนี้จะเป็นปฏิภาคตรงกันกับมูลค่าผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ ณ จุดปลายของช่วงเวลาเดียวกัน ในช่วงเวลาถัดไปก็จะอธิบายความสัมพันธ์ได้ในทำนองเดียวกัน ค่าของ t ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้มองเห็นภาพความสัมพันธ์แบบเคลื่อนที่ (dynamic)

สูตรที่ ๑ – ๓ เป็นสูตรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสต็อกกำลังคน (N) ตัวแปรผู้เข้าสู่แรงงานใหม่ (m) และตัวแปรนักเรียน (n) ในระดับมัธยมศึกษา จากสูตรที่ ๓ จะเห็นว่านักเรียนที่สำเร็จการศึกษาจากระดับมัธยมศึกษาส่วนหนึ่งรวมกับผู้ที่ออกจากสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาทั้งสาขาวิทยาศาสตร์ และสาขาอื่นในช่วงเวลาก่อน (t-1) ไม่รวมนักเรียนที่สำเร็จระดับมัธยมศึกษาส่วนหนึ่งที่เรียนต่อในระดับอุดมศึกษา ณ ช่วงเวลาถัดมา (t) จะเข้าสู่แรงงานใหม่ในช่วงเวลาถัดมา (t) ดังสูตรที่ ๓ และผู้เข้าสู่แรงงานใหม่นี้จะเป็นส่วนประกอบของสต็อกกำลังคนในช่วงเวลาก่อน (t-1) ที่เหลืออยู่ ดังสูตรที่ ๒ และในสูตรที่ ๑ สต็อกกำลังคนจากสูตรที่ ๒ จะเป็นปฏิภาคตรงกับผลิตภัณฑ์รวมในประเทศโดยมีสัมประสิทธิ์ทางเทคนิค (γ^2) เป็นค่าคงที่ที่เป็นดัชนีบ่งความเจริญของประเทศ เมื่อมีค่าสต็อกกำลังคน (N) และผลิตภัณฑ์รวมในประเทศ (V) มากพอสมควรจะทำให้ได้ค่า γ^2 ที่เหมาะสม ดังชี้แจงในภาคคำจำกัดความแล้ว แต่ผู้วิจัยขอกล่าวย้ำเพื่อมิให้เกิดการเข้าใจผิดว่า กำลังคนระดับมัธยมศึกษามีความสามารถในการให้ผลผลิตเป็น $\frac{1}{2}$ หน่วย ทั้งนี้ เพราะในผลิตภัณฑ์รวมในประเทศมิใช่มีแต่กำลังคนระดับมัธยมศึกษาเท่านั้นที่มีส่วนผลิต แต่จะมีกำลังคนระดับอุดมศึกษาส่วนหนึ่ง และกำลังคนระดับประถมศึกษาอีกส่วนหนึ่งซึ่งในสูตรนี้คือว่ากำลังคนระดับประถมศึกษาไม่มีผลิตผลที่สูงพอที่จะเพิ่มผลผลิตให้แก่ประเทศ ค่า γ^2 เป็นดัชนี (Index) แสดงความเจริญของประเทศ ทำนองเดียวกับจำนวนครูที่มีวุฒิสูงเป็นดัชนีบอกคุณภาพของสถาบันการศึกษา

สูตรที่ ๑ – ๓ มีลักษณะแตกต่างจากสูตรอื่น ๆ ผู้วิจัยมิได้แบ่งแยกการศึกษาระดับมัธยมศึกษาเป็น ๒ สาขาวิชา คือสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และสาขาวิชาอื่นดังเช่นระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้ ผู้วิจัยอาศัยข้อเท็จจริงประการหนึ่ง ที่ว่าการศึกษาระดับมัธยมศึกษาเป็นการศึกษาที่มีหลักสูตรคล้ายคลึงกันมาก แม้จะมีการศึกษาสายวิชาสามัญ วิชาครู วิชาชีพ และวิชาเทคนิค แต่หลักสูตรส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกัน และทุกสายวิชาอาศัยวิชาสายสามัญเป็นส่วนใหญ่ จะแตกต่างกันที่วิชาเฉพาะที่เรียนเพิ่มเติมอีกเล็กน้อย เช่น วิชาครู วิชาเทคนิค และวิชาชีพอื่น ๆ อีกประการหนึ่งการคำนวณค่าตัวแปรในทางปฏิบัติกระทำไม่ได้ ทั้งนี้เพราะธรรมชาติของข้อมูลที่เก็บได้ไม่เป็นจริงตามสูตร กล่าวคือเท็จจริงมีนักเรียนที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะผู้สำเร็จการศึกษาสายสามัญ แผนกวิทยาศาสตร์แล้วเข้าเรียนต่อระดับอุดมศึกษาประเภทวิชาอื่นที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ เช่น สำเร็จจากสายสามัญแผนกวิทยาศาสตร์แล้วเข้าเรียนต่อในคณะนิติศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยจัดเป็นสายวิชาประเภทอื่นที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ การวัดค่าตัวแปรผู้เข้าสู่แรงงานใหม่ (m) โดยเฉพาะในสาขาวิชาอื่นจะคลาดเคลื่อนมาก เนื่องจากค่า n^{3s2} ซึ่งเป็นค่าจำนวนนักเรียนสาขาวิชาอื่นที่เรียนต่อระดับอุดมศึกษามีมากกว่าผู้สำเร็จการศึกษา ($\mu^{2s2g}n^{2s2}$) มาก แม้จะรวมผู้ออกจากสถานศึกษากลางคัน ซึ่งมีจำนวนน้อยสำหรับสาขาวิชาอื่น ($\mu^{3s2d}n_{t-1}^{3s2}$) ก็ยังทำให้ค่า m_t^{2s2} มีค่าน้อยกว่าที่เป็นจริง เป็นผลให้ค่า N_t^{2s2} ต่ำ และค่า ν^{2s2} เกิดความไปด้วย เพราะสมการ

---

* เพื่อประกอบความเข้าใจ ผู้วิจัยจะแยกสูตรระดับมัธยมศึกษา ๑๒ สมการแรก เฉพาะสาขาวิชาอื่น ($s2$) ดังนี้

$$N_t^{2s2} = \nu^{2s_2}V_t^{s_2}$$

$$N_t^{2s_2} = (1-\lambda)^2 N_{t-1}^{2s_2} + m_t^{2s_2}$$

$$m_t^{2s_2} = \mu^{2s_2g}n_t^{2s_2} + \mu^{3s_2d}n_{t-1}^{3s2} - n_t^{3s2}$$

เมื่อ $\mu^{2s2g}n^{2s2}$ = จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาสาขาอื่น

$\mu^{3s2d}n^{3s2}$ = จำนวนผู้ออกจากสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาสาขาอื่นกลางคัน

ทั้ง ๓ สัมพันธ์กัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะข้อเท็จจริงอีกประการหนึ่ง คือ ในระดับมัธยมศึกษา ถ้าจัดวิชาสามัญแผนกวิทยาศาสตร์ วิชาเทคนิค วิชาเกษตรกรรม วิชาประเภทอุตสาหกรรม เป็นสายวิชาในระดับมัธยมศึกษาประเภทวิทยาศาสตร์ และจัดวิชาสามัญแผนกศิลปะ แผนกทั่วไป วิชาพาณิชย์ วิชาครู วิชาภาษาต่างประเทศ วิชาประเภทคหกรรมศาสตร์ เป็นสายวิชาประเภทอื่นในระดับมัธยมศึกษา ให้สอดคล้องกับการแบ่งในระดับอุดมศึกษาในภาคคำจำกัดความแล้ว จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์มีจำนวนมากกว่านักเรียนสายวิชาอื่น ผู้สำเร็จการศึกษามีจำนวนมากกว่า แต่มีผู้ศึกษาต่อไปในระดับอุดมศึกษาในสายวิชาวิทยาศาสตร์ (n_t^{3s1}) น้อยกว่าสายวิชาอื่น (n_t^{3s2}) เนื่องจากส่วนหนึ่งของผู้สำเร็จการศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์เข้าเรียนต่อสายวิชาอื่นมาก จำนวนผู้เข้าสู่แรงงาน (m_t^{2s1}) จะสูง[๑]

นอกจากนี้ ผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์ ($\mu^{2s1g} n_t^{2s1}$) ที่ไม่เรียนต่อจะเป็นแรงงานระดับมัธยมศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์ (m_t^{2s1}) ในขณะที่ผู้สำเร็จสายวิชานี้จำนวนหนึ่งที่เรียนต่อในสายวิชาอื่นในระดับอุดมศึกษา แต่ลงออกจากสถานศึกษาระดับอุดมศึกษากลางคัน ($\mu^{3s1d} n_{t-1}^{3s1}$) จะกลายเป็นแรงงานระดับมัธยมศึกษาสายวิชาอื่น ซึ่งถ้าผู้ออกจากสถานศึกษากลางคันเหล่านี้สำเร็จระดับมัธยมศึกษาแล้ว ไม่เรียนต่อก็จะ

---

[๑] สูตรระดับมัธยมศึกษา ๓ สมการแรก ถ้ากระจายออกจะได้ดังนี้

$$N_t^{2s1} = {}^{2s1}v_t^{s1}$$

$$N_t^{2s1} = (1-\lambda)^2 N_{t-1}^{2s1} + m_t^{2s1}$$

$$m_t^{2s1} = \mu^{2s1g} n_{t-1}^{2s1} + \mu^{3s1d} n_{t-1}^{3s1} - n_t^{3s1}$$

เมื่อ $\mu^{2s1g} n^{2s1}$ = จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์

$\mu^{3s1d} n^{3s1}$ = จำนวนผู้ออกจากสถานศึกษากลางคันระดับอุดมศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์

เป็นแรงงานระดับมัธยมสายวิชาวิทยาศาสตร์ ข้อมูลที่จะเก็บได้ไม่ได้แยกว่าผู้ออกจากสถานศึกษากลางคันเหล่านั้นจบระดับมัธยมศึกษาสายวิชาประเภทใด จากข้อมูลที่เก็บได้และผู้วิจัยได้ทดลองศึกษา โดยแยกระดับมัธยมศึกษาเป็น ๒ สาขาวิชา ได้ตัวเลขที่เชื่อถือไม่ได้ ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งจะต้องใช้เป็นค่าคงที่ในสูตรเมื่อจะหากำลังคนผิดพลาด และตัวแปรต่าง ๆ มีความไว (Sensitive) ต่อค่าสัมประสิทธิ์ ทำให้ค่าสต็อกกำลังคน (N) จำนวนผู้เข้าสู่แรงงาน (m) และจำนวนนักเรียน (n) ผิดไปด้วย การวิจัยครั้งนี้จึงมิได้แยกสต็อกกำลังคน จำนวนนักเรียนและผู้เข้าสู่แรงงานสำหรับระดับมัธยมศึกษา

สูตรที่ ๔ – ๕ ผู้วิจัยแบ่งสาขาวิชาเป็น ๒ สาขา อาศัยสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ และเกษตรศาสตร์ ตามเกณฑ์ที่องค์การยูเนสโกวางไว้ เป็นสาขาวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าว เป็นสาขาวิชาอื่น[๑] ผู้วิจัยถือเอาวิชาในหลักสูตรที่เน้นหนักทางการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science), วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural Science) ทั้งที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Applied Science) และวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure Science) เป็นสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ส่วนสายวิชาที่เน้นหนักทางวิทยาศาสตร์สังคม (Social Science), มนุษยศาสตร์ (Humanities) และวิชาการศึกษา (Education) จัดเป็นวิชาสาขาอื่น การแบ่งนี้จะมีลักษณะเดียวกับการแบ่งของกองวางแผนกำลังคน[๒] ผู้วิจัยมิได้ถือว่าวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้

---

[๑] ดูคำจำกัดความ หน้า 13 – 18

[๒] กองวางแผนกำลังคน , การประเมินผลงานด้านกำลังคนและการมีงานทำในแผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๑๐ – ๒๕๑๔) , (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจแห่งชาติ , ๑๓ ส.ค. ๑๓), ตารางที่ ๔

ในสาสตร์ทุกแขนงดังที่เป็นอยู่ปัจจุบัน ดังนั้นเมื่อผลการวิจัยบ่งว่าต้องการกำลังคนประเภทใด ก็จะตีความหมายได้ตามคำจำกัดความ

สูตรที่ ๔ – ๕ แสดงว่าผู้จบการศึกษาระดับอุดมศึกษาทั้งหมดในช่วงเวลาก่อน (t-1) จะเข้าสู่แรงงานระดับอุดมศึกษา ในช่วงเวลาถัดมา (t) ทั้งหมด ไม่มีผู้ว่างงานและผู้สำเร็จสายวิชาใดจะเข้าสู่แรงงานประเภทเดียวกันนั้นตามข้อสมมุติเบื้องต้นที่กล่าวแล้ว ตามข้อเท็จจริงอัตราสำเร็จการศึกษาในระดับอุดมศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าอัตราสำเร็จการศึกษาในสาขาวิชาอื่น ผู้วิจัยคาดว่า ค่า $\mu^{3s_1 g}$ จะต่ำกว่า $\mu^{3s_2 g}$ ตามข้อเท็จจริงด้วย ค่านี้จะเป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ $\mu^{3s_1 d}$ สูงกว่า $\mu^{3s_2 d}$ ในสูตรที่ ๓ ทั้งนี้เพราะค่า $\mu^{3s_j d} = 1 - \mu^{3s_j g}$

จากสูตร ๔ – ๕ ถ้าค่า μ^{2g}, $\mu^{3s_j g}$ มีค่าเท่ากับ ๑ และค่า $\mu^{3s_j d}$ มีค่าเป็น ๐ แสดงว่าระบบการศึกษาเป็นแบบอุดมคติ

สูตรที่ ๖ – ๗ อธิบายได้ในทำนองเดียวกัน สูตรที่ ๒) เพียงแต่แยกสาขาวิชาเป็น ๒ สาขา คือสาขาวิทยาศาสตร์ (s_1) กับสาขาอื่น (s_2) จากสูตรนี้ผู้วิจัยถือว่าอัตราจำหน่ายสัดจากกำลังคน ๒ สาขาวิชาในระดับอุดมศึกษามีค่าเท่ากัน ค่าที่แตกต่างออกไปเกิดจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งทุติยภูมิ (Secondary Source) ดังนั้น อาจจะหาค่า λ^3 จากสูตรใดสูตรหนึ่ง หรือจะลองหาทั้ง ๒ สูตร เพื่อการเปรียบเทียบสำหรับค่า λ^3 ของประเทศไทยที่หาได้ของกำลัง ๒ สาขามีค่าเท่ากัน (๐.๐๗๗)[๑]

สูตรที่ ๘ – ๙ อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ตามสูตรที่ ๑ แตกต่างกันที่ผู้วิจัยใช้ผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ (V) แยกตามสาขากำลังคน ผู้ผลิตเป็น V^{s_1} และ V^{s_2} เพื่อมีให้ค่าสัมประสิทธิ์ทางเทคนิค γ^{3s_1} ในสูตรที่ ๘ ต่ำเกินไปเนื่องจากประเทศไทยยังขาดกำลังคนในสาขาวิทยาศาสตร์อยู่เป็นจำนวนมาก ถ้าใช้ค่าผลิตภัณฑ์รวม (V) ในการหาค่า γ^{3s_1} จะไม่เหมาะสมกับการประเมินกำลังคนในระยะยาว เพราะช่วงเวลาในอนาคตกำลังคนในสาขาวิทยาศาสตร์จะมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ทางเทคนิคจะสูงขึ้น ผิดจากค่า γ^{3s_1}

---

[๑] Jan Tinbergen and H. C. Bos, Op.cit., p 48.

ที่หาได้ในช่วงเวลาที่ผู้วิจัยกำหนด (๒๕๐๗ – ๒๕๑๑)

สำหรับค่า เรโชครูต่อนักเรียน ๑ คน ระดับอุดมศึกษา (π^3) ผู้วิจัยมิได้แยกสาขาวิชา ทั้งนี้เพราะสถิติจำนวนครูที่หาได้จะแยกจำนวนครูที่สอนในแต่ละระดับ โดยไม่แยกวุฒิประกอบ และสำหรับสถิติที่แยกวุฒิครูก็จะไม่แยกระดับที่สอน นอกจากนี้ในสถานศึกษาที่มีการสอนทั้ง ๒ สาขาวิชา ก็จะบอกจำนวนครูรวม หรือในสถานศึกษาที่สอนวิชาประเภทวิทยาศาสตร์ จะมีครูที่จบจาก–สาขาวิชาประเภทอื่นสอนวิชามนุษยศาสตร์ ซึ่งจัดเป็นวิชาประเภทอื่น สถิติที่มีอยู่มิได้แยกตามความต้องการของสูตร มีค่าเรโชครูต่อนักเรียนที่แยกตามคณะวิชาในจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย[๑] ที่พอจะใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ π^3 ได้ แต่จะมีปัญหาการคำนวณค่าตัวแปรอื่น คือตัวแปรผู้เข้าสู่แรงงานใหม่ระดับอุดมศึกษา (m^3) ที่คำนวณจากจำนวนนักเรียนที่สำเร็จการศึกษา ผู้เรียนทางสาขาวิชาการศึกษาจะเลือกวิชาเรียนทั้ง ๒ สาขาปะปนกัน ประกอบกับสถิติมิได้แยกว่าผู้ใดเป็นผู้สำเร็จจากสาขาวิชาใด จึงไม่สามารถที่จะวัดค่า m^3 เป็น ๒ สาขาได้ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ครูเป็นกำลังคนในสาขาอื่นตามที่ ทินเบอร์เกน เสนอ[๒]

สูตรที่ ๑๐ – ๑๓ ใช้สำหรับการคำนวณค่าตัวแปร เมื่อจะหาค่าสัมประสิทธิ์ในกรณีที่เก็บข้อมูลที่จะใช้เป็นค่าตัวแปรอยู่ไม่ได้ครบในสาขาใดสาขาหนึ่ง จะใช้ค่าตัวแปรรวมที่มีอยู่ในวิทยานิพนธ์ ๓ ฉบับ คือ วิทยานิพนธ์ของ บุญธรรม[๓], นงลักษณ์[๔], และ พรรณมาศ[๕] ลบด้วยค่าตัวแปรสาขาที่หาได้

สรุปได้ว่า สูตรทั้ง ๑๓ สูตร แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง ๔ ประเภท (N, m, ฉ และ y) ทั้ง ๒ ระดับการศึกษา และทั้ง ๒ สาขาวิชาในระดับอุดมศึกษา

---

[๑] เปรมจิต จิรพันธ์, การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะหน้าที่การงานของอาจารย์ประจำในจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, ๒๕๑๓) หน้า ๓๑.

[๒] Jan Tinbergen and H.C.Bos, op.cit., p. 23.

[๓] บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, เรื่องเดิม

[๔] นงลักษณ์ วิรัชชัย, เรื่องเดิม

[๕] พรรณมาศ ศันสนยุบ, เรื่องเดิม

การวัดค่าตัวแปร (Measurement of Variables)

การหาค่าสัมประสิทธิ์สำหรับสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา จะต้องมีการวัดค่าตัวแปรก่อน แล้วจึงแทนค่าตัวแปรในสูตร เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ เนื่องจากมีข้อกำหนดว่า ค่าสัมประสิทธิ์คงที่ในทุกช่วงเวลา ดังนั้นการหาค่าสัมประสิทธิ์อาจใช้ข้อมูลที่เป็นค่าตัวแปรในช่วงเวลาใดก็ได้ หรือจะใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรในหลาย ๆ ช่วงเวลา แต่เมื่อใช้ค่าตัวแปรในช่วงเวลา t และ t-1 ที่ตรงกับช่วงเวลาใดแล้ว ต้องใช้ช่วงเวลานั้นตลอดสำหรับค่าตัวแปรทุก ๆ ค่า เนื่องจากสมการทั้งหมดมีความสัมพันธ์กัน

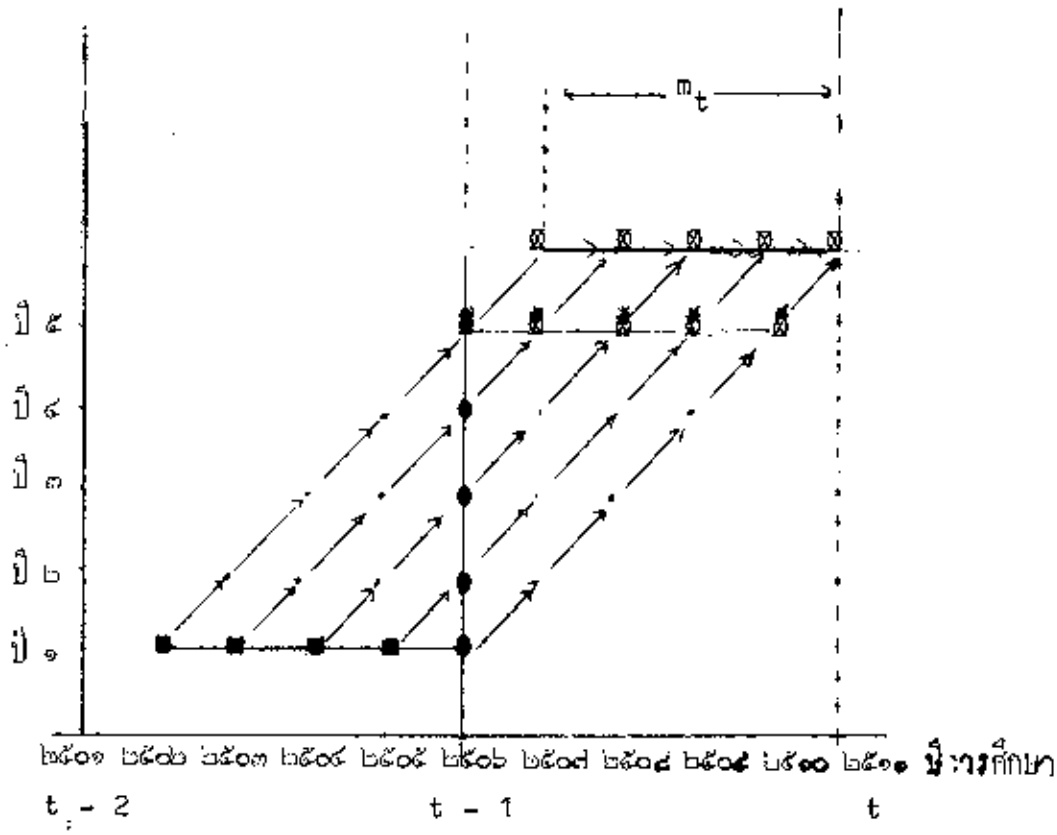
การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดช่วงเวลา t ตรงกับปีการศึกษา ๒๕๐๗ ถึง ๒๕๑๑ และช่วงเวลา t-1 ตรงกับช่วงเวลาระหว่างปีการศึกษา ๒๕๐๖ ถึง ๒๕๐๖

การวัดค่าตัวแปรต้องคำนึงถึงจำนวนปีในแต่ละช่วงเวลาด้วย ในที่นี้กำหนดช่วงเวลาช่วงๆ ๑ หน่วยเป็น ๕ ปี (อาจกำหนดเป็น ๖ ปี ทั้งนี้ให้พิจารณาความเหมาะสม) ค่าตัวแปร N ที่จุดปลายช่วงเวลา t จะเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ค่าที่เพิ่มของ N_t^{3sj} จาก N_{t-1}^{3sj} ในช่วงเวลา ๕ ปี คือค่า m_t^{3sj} ค่า m_t^{3sj} ในการวิจัยนี้ คือผลรวมของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาแล้วเข้าสู่แรงงานในช่วงเวลา ๕ ปี นับตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๐๗ ถึง ๒๕๑๑ สมมุติว่า นักเรียนทุกคนเรียนจบอุดมศึกษาในเวลา ๕ ปีแล้วเข้าสู่แรงงานหมดในปีต่อมา แต่ละปีจะมีผู้เข้าสู่แรงงานเพิ่มในค่า N_t^3 ที่ พ.ศ. ๒๕๑๑ ดังแสดงในแผนภูมิที่ ๓ เท่ากับจำนวนนักเรียนชั้นปีที่ ๑ ระดับอุดมศึกษาในช่วงเวลา ๕ ปีที่ผ่านมา คือ จำนวนนักเรียนชั้นปีที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๐๖ ถึง ๒๕๐๖ ซึ่งจะสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา ๒๕๐๖ ถึง ๒๕๑๐ และเข้าสู่แรงงานในปีการศึกษา ๒๕๐๗ ถึง ๒๕๑๑ หรืออาจวัดได้จากจำนวนนักเรียนระดับอุดมศึกษาทั้งหมด ตั้งแต่ปีที่ ๑ ถึงปีที่๕ในปีสุดท้ายของช่วงเวลา t-1 ซึ่งในที่นี้ คือจำนวนนักเรียนระดับอุดมศึกษาทั้งหมด ณ ปีการศึกษา ๒๕๐๖ ที่จะสำเร็จการศึกษาตามความสัมพันธ์ของสูตรที่ ๔ และ ๕ เมื่อ N_t^3 เป็นค่าตัวแปรที่ปีการศึกษา ๒๕๑๑

แผนภูมิที่ ๓ แสดงการวัดค่าตัวแปร m จากค่าตัวแปร n เมื่อใช้ช่วงเวลา t ของตัวแปร N กำหนดความสัมพันธ์

$$N_t^e = (1 - \lambda^e) N_{t-1}^e + m_t^e$$

(1 - λ^e) N_{t-1}^e + m_t^e



เมื่อสัญญลักษณ์ = จำนวนนักเรียนชั้นปีที่ ๑ - ๕ หรือจำนวนนักเรียนทุกชั้นในระดับ e ที่จุดปลายช่วงเวลา t - 1(๒๕๐๖)

= ผู้สำเร็จการศึกษาแต่ละปี (๒๕๐๖, ๒๕๐๗,- - , ๒๕๑๐)

= ผู้เข้าสู่แรงงานใหม่แต่ละปี ในช่วงเวลา t (๒๕๐๗ - ๒๕๑๐)

= จำนวนนักเรียนชั้นปีที่ ๑ ในช่วงเวลา t-1 (2502-2506)

e = ดัชนีบอกระดับการศึกษา e = 2, 3

สรุปในการวัดค่าตัวแปร สัญญลักษณ์ที่ใช้จะมีความหมายดังนี้

N_t = สต็อกกำลังคน เมื่อสิ้นปีการศึกษา ๒๕๑๑

N_{t-1} = สต็อกกำลังคน เมื่อสิ้นปีการศึกษา ๒๕๐๖

n_t = จำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนทุกชั้นเมื่อปีการศึกษา ๒๕๑๑

n_{t-1} = จำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนทุกชั้น เมื่อปีการศึกษา ๒๕๐๖

m_t = ผลรวมของผู้เข้าสู่แรงงานใหม่แต่ละปี นับตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๐๗ ถึง ๒๕๑๑

V_t = มูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศ เมื่อสิ้นปีการศึกษา ๒๕๑๑

การหาค่าสัมประสิทธิ์ในสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา

ใช้วิธีแทนค่าตัวแปรที่วัดได้ในสูตร แล้วแก้สมการหาค่าสัมประสิทธิ์ ถ้าค่าตัวแปรที่วัดได้ ได้จากค่าเฉลี่ยของตัวแปรในช่วงเวลาต่าง ๆ แทนที่จะใช้ค่าตัวแปรที่จุดปลายช่วงเวลาอย่างเดียว จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์มีความคงที่มากขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการมีทั้งสิ้น ๑๒ ค่า สูตรที่จะใช้หาค่าสัมประสิทธิ์มีเพียง ๙ สูตร สูตรที่ ๑๐ ถึง ๑๓ ใช้ในการช่วยวัดค่าตัวแปรในสูตรที่ ๑ ถึง ๙ การวัดค่าสัมประสิทธิ์นอกจากจะต้องอาศัยการแก้สมการแล้ว จึงต้องอาศัยข้อสมมุติเบื้องต้นประกอบด้วย ดังจะกล่าวในวิธีดำเนินการวิจัย

ลักษณะและประเภทของข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา ได้แก่ค่าของตัวแปร ๑๓ ค่า ในสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาเชิงปริมาณในคาบเวลาระหว่าง พ.ศ. ๒๕๐๓ ถึง พ.ศ. ๒๕๑๖ ประกอบด้วยข้อมูล ๓ ประเภท คือ

๑. ข้อมูลทางการศึกษา ประกอบด้วย

๑.๑ จำนวนนักเรียนรวมทั่วประเทศที่ลงทะเบียนเรียนในระดับมัธยมศึกษา

(เกรด ๘ ถึง เกรด ๑๓) เป็นรายปี ตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๐๓ ถึง ๒๕๑๑

๑.๖ จำนวนนักเรียนรวมทั่วประเทศที่ลงทะเบียนเรียนระดับอุดมศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ และสาขาอื่น (เกรด ๑๓ ขึ้นไป) เป็นรายปีสำหรับปีการศึกษา ๒๕๐๖ และ ปีการศึกษา ๒๕๑๑

๑.๗ จำนวนนักเรียนระดับอุดมศึกษาทั่วประเทศที่ลงทะเบียนเรียนในชั้นปีที่ ๑ (เกรด ๑๓ หรือ เกรด ๑๔ สำหรับสายวิชาที่ใช้เวลาเรียนในระดับมัธยมศึกษา ๑๓ ปี) ตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๐๔ ถึง ๒๕๑๑

๑.๘ จำนวนนักเรียนทั่วประเทศที่สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรระดับมัธยมศึกษา จำแนกเป็นรายปีและรายชั้นสุดท้ายที่สำเร็จ ตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๐๓ ถึง ๒๕๑๐

๑.๙ จำนวนนักเรียนระดับอุดมศึกษาทั่วประเทศที่สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรระดับอุดมศึกษา จำแนกตามสาขาวิชาเป็นรายปี และรายชั้นสุดท้ายที่สำเร็จ ตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๐๓ ถึง ๒๕๑๐

๑.๑๐ จำนวนครูประจำที่ทำการสอน ในระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา ปีการศึกษา ๒๕๑๑

๒. ข้อมูลทางด้านกำลังคน ประกอบด้วย

๒.๑ สต็อกกำลังคนระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา ใน พ.ศ. ๒๕๐๓

๒.๒ อัตราส่วนระหว่างสต็อกกำลังคนในสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น ใน พ.ศ. ๒๕๐๓

๒.๓ อัตราการตายของสต็อกกำลังคนตามหมวดอายุ ตั้งแต่อายุ ๑๕ ถึง ๕๔ ปี

๒.๔ จำนวนประชากรในประเทศไทย จำแนกตามหมวดอายุ พ.ศ. ๒๕๐๓

๒.๕ ปริมาณผู้เข้าสู่แรงงานใหม่ ระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น จำแนกเป็นรายปี ระหว่าง พ.ศ. ๒๕๐๔ ถึง พ.ศ. ๒๕๑๑

ข้อมูลเหล่านี้ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น หรือข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณค่าสต็อกกำลังคน (N) เนื่องจากไม่สามารถหาค่าสต็อกกำลังคนจำแนกตามระดับการศึกษาใน พ.ศ. ๒๕๐๖ และ พ.ศ. ๒๕๑๑ (N^{2}_{t}, N^{2}_{t-1} , N^{3sj}_{t} , N^{3sj}_{t-1}) ตามค่าที่ต้องการในสูตร

๓. ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ

๓.๑ ผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศส่วนที่มาจากกำลังคนในสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น จำแนกรายปีสำหรับ พ.ศ. ๒๕๐๓, พ.ศ. ๒๕๑๑ และ พ.ศ. ๒๕๑๒

๓.๒ อัตราความเจริญทางเศรษฐกิจคิดจากมูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศ

๓.๓ มูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศที่ถูกละเมิดได้ ใน พ.ศ. ๒๕๑๔ และ พ.ศ. ๒๕๑๕

ข้อมูลประเภทนี้ ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์และใช้ในการประเมินกำลังคนด้วย

ข้อมูลทั้ง ๓ ประเภทนี้ นำมารวบรวมเป็นค่าของตัวแปร ๑๗ ค่า ต่อไปนี้

ผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศส่วนที่มาจากกำลังคนในสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น รวมทั้งผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศรวม พ.ศ. ๒๕๑๑ ใช้เป็นค่า V_t^{s1} , V_t^{s2} และ V_t ตามลำดับ

ปริมาณสต็อกกำลังคนระดับมัธยมศึกษา, ระดับอุดมศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ และระดับอุดมศึกษาสาขาอื่น เมื่อสิ้นปีการศึกษา ๒๕๐๖ และ ๒๕๑๑ ใช้เป็นค่าของ N_{t-1}^2, N_{t-1}^{3s1} , N_{t-1}^{3s2} , N_t^2 , N_t^{3s1}, และ N_t^{3s2}

จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา, ระดับอุดมศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ ระดับอุดมศึกษาสาขาอื่น, ในปีการศึกษา ๒๕๐๖ ใช้เป็นค่า n_{t-1}^2, n_{t-1}^{3s1} , n_{t-1}^{3s2} - ส่วนจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษารวมในปีการศึกษา ๒๕๑๑ ใช้เป็นค่า n_t^2 และ n_t^3 ตามลำดับ

จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาแล้วเข้าในสต็อกกำลังคนระดับมัธยมศึกษา, ระดับอุดมศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ และระดับอุดมศึกษาสาขาอื่น ในช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. ๒๕๐๗ ถึง พ.ศ. ๒๕๑๑ ใช้เป็นค่า m_t^2 , m_t^{3s1}, และ m_t^{3s2} ตามลำดับ

แหล่งที่มาของข้อมูล

๑. สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี

๒. กองวางแผนการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

๓. กองส่งเสริมและวัดผลการศึกษา กรมวิสามัญศึกษา

๔. แผนกสถิติ กรมการฝึกหัดครู

๕. แผนกสถิติและรายงาน กรมอาชีวศึกษา

๖. แผนกวิชาวิจัยการศึกษา คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

๗. หน่วยศูนย์ข้อมูล สำนักงานสภาการศึกษาแห่งชาติ

๘. สถานศึกษา สังกัดกระทรวงอื่นที่ไม่ใช่กระทรวงศึกษาธิการ[๑]

๙. กองวางแผนกำลังคน สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจแห่งชาติ

๑๐. กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย

๑๑. กองสถิติพยากรณ์ชีพ กระทรวงสาธารณสุข

๑๒. กองรายได้ประชาชาติ สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจแห่งชาติ

๑๓. กองวางแผนและสถิติ สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจแห่งชาติ

การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่จะใช้วัดค่าตัวแปร รวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ ของราชการหลายหน่วยงาน เนื่องจากการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ต้องใช้ปริมาณทั่วประเทศ สถิติที่ได้จากหน่วยราชการหน่วยเดียวไม่เพียงพอที่จะใช้เป็นค่าตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีถึง ๑๕ ค่า การรวบรวมข้อมูลทำตามลำดับดังนี้

๑. สำรวจแหล่งที่มาของข้อมูล โดยสำรวจเอกสารสถิติที่หน่วยงานต่าง ๆ จัดทำไว้

---

[๑] ดูภาคผนวก ง.

แล้ว และในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลได้จากเอกสารสถิติดังกล่าว หรือในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลบางอย่าง ก็จักทำการสำรวจให้ตรงกับวัตถุประสงค์ เพื่อใช้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานโดยตรง

๒. ตรวจสอบข้อมูลที่ได้ เมื่อได้ข้อมูลมากกว่า ๑ แห่ง เพื่อเลือกข้อมูลที่เชื่อถือได้สูงสุด และประมาณข้อมูลที่ขาดหายไป โดยเฉพาะข้อมูลทางการศึกษาโดยวิธีหาค่าแนวโน้ม

๓. จัดจำแนกข้อมูลเป็นค่าตัวแปร ๑๕ ค่า ในสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษาใช้วิธีแทนค่าตัวแปร ๑๕ ค่า ในสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา รวม ๕ สูตร เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ ๑๒ ค่า ในสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษาสำหรับใช้กับประเทศไทย นำสูตรที่ได้คาดคะเนความต้องการกำลังคนในสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น ใน พ.ศ. ๒๕๑๔ , ๒๕๑๙ , ๒๕๒๔ และ ๒๕๒๙ ซึ่งในทางปฏิบัติทำตามลำดับขั้นดังนี้

๑. การวัดค่าตัวแปร

จำนวนคนใช้หน่วยเป็นพันคน มูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศ ใช้หน่วยเป็นพันล้านบาท และ ล้านเหรียญสหรัฐ โดยใช้อัตราการแลกเปลี่ยน พ.ศ. ๒๕๐๕ อัตรา ๑ เหรียญสหรัฐ เท่ากับ ๒๐.๕ บาท[๑] ทั้งนี้ค่าตัวแปรทั้งหมดคิดตัวเลขถูกต้องถึงทศนิยมตำแหน่งที่สอง

ก. ตัวแปรที่สามารถวัดได้โดยตรงจากข้อมูลที่รวบรวมมาได้แก่

๑. ตัวแปรผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศ (V)

ค่าของตัวแปร V ในช่วงเวลา t (พ.ศ. ๒๕๐๗ – ๒๕๑๑) ใช้ค่าของตัวแปร Σ จุดปลายปีการศึกษา ๒๕๑๑ การวัดค่าตัวแปร V นี้ มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า

---

[๑] สมุดสถิติรายปีประเทศไทย ๒๕๐๗ , (พระนคร . สำนักงานสถิติแห่งชาติ), หน้า ๗๖๒ .

จะใช้มูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศตามราคาคงที่ พ.ศ. ๒๕๐๕ หน่วยเป็นพันล้านบาท และเพื่อสะดวกในการเปรียบเทียบกับข้อมูลของต่างประเทศ จะใช้หน่วยเป็นล้านเหรียญสหรัฐ ด้วย

๒. ตัวแปรจำนวนนักเรียน (n)

ค่าของตัวแปร n_t คือจำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในสถานศึกษาในปีการศึกษา ๒๕๑๑ และตัวแปร n_{t-1} คือ จำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในสถานศึกษาในปีการศึกษา ๒๕๐๖ และมีข้อตกลงดังนี้

๑. จำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นค่าตัวแปรนี้ คิดแต่จำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในสถานศึกษาที่มีหลักสูตรแน่นอนไม่รวมการกวดวิชาและการฝึกอบรมอื่น ๆ

๒. นักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในระดับมัธยมศึกษา ได้แก่นักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ ๑ ถึงมัธยมศึกษา ปีที่ ๖ (เทียบเท่าเกรด ๘ ถึง เกรด ๑๓) ส่วนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในระดับอุดมศึกษาได้แก่นักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในชั้นอุดมศึกษาปีที่ ๑ จนถึงระดับปริญญาโท (เทียบเท่าเกรด ๑๓ ถึงเกรด ๑๘)

๓. ความถูกต้องของค่าตัวแปรจำนวนนักเรียนขึ้นอยู่กับความถูกต้องของสถิติที่หน่วยงานทางการศึกษารวบรวมไว้

ข. ตัวแปรที่ไม่สามารถวัดค่าจากข้อมูลที่รวบรวมมาโดยตรง ต้องอาศัยข้อมูลเบื้องต้นเป็นพื้นฐานในการวัด ได้แก่

๑. ตัวแปรจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาแล้วเข้าในสัดส่วนกำลังคน (m)

ตัวแปร m วัดจากตัวแปรจำนวนนักเรียน (n) ในปีการศึกษาก่อน โดยที่ตัวแปร m_t คือจำนวนนักเรียนผู้สำเร็จการศึกษาเมื่อปลายปีการศึกษา ๒๕๐๖ ถึงปลายปีการศึกษา ๒๕๑๐ แล้วเข้าสู่แรงงานใน พ.ศ. ๒๕๐๗ ถึง ๒๕๑๑ โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

๑. ผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา คือผู้ที่สำเร็จการศึกษาชั้นสุดท้าย เทียบเท่าเกรด ๑๑ หรือ เกรด ๑๒ หรือเกรด ๑๓

๒. ผู้สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษา คือผู้ที่สำเร็จการศึกษาชั้นสุดท้าย เทียบเท่าเกรด ๑๔ ขึ้นไป

๓. ผู้ที่กำลังศึกษาในปีสุดท้ายของหลักสูตรการศึกษาในปีการศึกษาหนึ่ง เมื่อสำเร็จการศึกษาปลายปีการศึกษาแล้ว จะเข้าสู่สต็อกกำลังคนในปีการศึกษาต่อไป โดยที่ผู้สำเร็จการศึกษาแล้วเข้าสู่สต็อกกำลังคนระดับมัธยม/คือ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปลายปีการศึกษา หักออกด้วยจำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียน เกรด ๑๓ ของระดับอุดมศึกษาในปีการศึกษาถัดไป ส่วนผู้เข้าสู่แรงงานระดับอุดมศึกษาคิดจากผู้สำเร็จการศึกษาชั้นสุดท้ายตามหลักสูตรการศึกษา เทียบเท่าเกรด ๑๔ ขึ้นไป ทั้งหมดในปีการศึกษาก่อน และเข้าสู่แรงงานในปีการศึกษาถัดมา

๒. ตัวแปรสต็อกกำลังคน (N)

กำตัวแปร N ณ จุดปลายช่วงเวลา t-1 และจุดปลายช่วงเวลา t ก็อ ค่าตัวแปร N ที่ พ.ศ. ๒๕๐๖ และ ๒๕๑๑ ตามลำดับ การวัดค่าตัวแปร N ใช้ข้อมูลเบื้องต้นจากสำมะโนประชากร พ.ศ. ๒๕๐๓ เป็นรากฐาน การทำนวมอาศัยสูตร-เศรษฐมิติทางการศึกษา สูตรที่ ๒, สูตรที่ ๖ และ สูตรที่ ๗ โดยพิจารณาค่าตัวแปรเป็นรายปีแทนการพิจารณาเป็นช่วงเวลา ๕ ปี ดังสมการข้างล่างนี้

$$N^2_{2504} = (1-\alpha) N^2_{2503} + m^2_{2504}$$

$$N^2_{2505} = (1-\alpha) N^2_{2504} + m^2_{2505}$$

$$N^2_{2506} = (1-\alpha) N^2_{2505} + m^2_{2506}$$

เนื่องจากไม่สามารถหาค่า N^2_{2505} มาแทนค่าสมการของ N^2_{2506} จึงกระจายสมการต่อไปจนได้ค่าสต็อกกำลังคน ใน พ.ศ. ๒๕๐๓ แล้วอาศัยสำมะโนประชากรเป็นหลักในการคำนวณหาค่า N^2_{2503}

$$N^2_{2506} = (1-\alpha)^3 N^2_{2503} + (1-\alpha)^2 m^2_{2504} + (1-\alpha) m^2_{2505} + m^2_{2506}$$

โดยวิธีเดียวกันนี้ จะได้ค่า

$$N^2_{2511} = (1-\alpha)^5 N^2_{2506} + (1-\alpha)^4 m^2_{2507} + (1-\alpha)^3 m^2_{2508} + (1-\alpha)^2 m^2_{2509} + (1-\alpha) m^2_{2510} + m^2_{2511}$$

$$N^{3sj}_{2506} = (1-\beta)^{3} N^{3sj}_{2503} + (1-\beta)^{2} m^{3sj}_{2504} + (1-\beta) m^{3sj}_{2505} + m^{3sj}_{2506}$$

$$N^{3sj}_{2511} = (1-\beta)^{5} N^{3sj}_{2506} + (1-\beta)^{4} m^{3sj}_{2507} + \ldots + m^{3sj}_{2511}$$

ในที่นี้ α = อัตราตาย และปลดเกษียณของสัดส่วนกำลังคนที่มีอายุ ๑๕ – ๕๙ ปี ๑ คน ในเวลา ๑ ปี

β = อัตราตายและปลดเกษียณของสัดส่วนกำลังคนที่มีอายุ ๒๐ – ๕๙ ปี ๑ คน ในเวลา ๑ ปี

การคำนวณหาค่า α , β ใช้อัตราการตายตามช่วงอายุที่ปรับแล้วของสำนักงานสถิติแห่งชาติ คำนวณหาผู้ตายระหว่างอายุ ๑๕ – ๕๙ และ ๒๐ – ๕๙ ปี นำมารวมกับจำนวนประชากรอายุ ๕๙ ปี จากตำนวนในประชากร ๒๕๐๓ เป็นจำนวนผู้ปลดเกษียณและผู้ตาย หาอัตราตายและปลดเกษียณของประชากรที่ยังหมดใน พ.ศ. ๒๕๐๓ ในช่วงอายุ ๑๕ – ๕๙ และ ๒๐–๕๙[๑]

ค่า N^{3sj}_{2503} ได้จากการหาสัดส่วนระหว่างกำลังคนในสาขาวิทยาสาสตร์และสาขาอื่น ใน พ.ศ. ๒๕๐๓ ที่ได้จากการศึกษาของ ซันดรัม (Sundrum) และ ดาเรยสแมน (Daroesman)[๒] นำสัดส่วนนี้มาวัดค่าตัวแปร N^{3sj}_{2503} จากค่าตัวแปรรวม (N^{3}_{2503}) ที่ได้จากการศึกษาของ นงลักษณ์[๓] แล้วแทนค่าตัวแปร m ที่หาได้จากข้อ ข. ๑ จะได้ ค่า N^{3sj}_{2506} และ N^{3sj}_{2511}

---

๑ ดูภาคผนวก ข.

๒ R.M. Sundrum and Ruth Daroesman, Education and Employment in Thailand, 1960; Joint UNESCO - IAU Study of the Role of Institutions of Higher Education in the Development of Countries in South - East Asia, (Kuala Lumpur: University of Malaya), p.104.

๓ นงลักษณ์ วิรัชชัย , เรื่องเดิม

ค่า N^2_{2503} ได้จากวิทยานิพนธ์ของ นงลักษณ์ ส่วนการคำนวณค่า N^2_{2506} และ N^2_{2511} ทำได้โดยวิธีเดียวกันกับค่า $N^{3s\acute{g}}_{2506}$ และ $N^{3s\acute{g}}_{2511}$

การวัดค่าตัวแปร N มีข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

๑. ความถูกต้องของค่าตัวแปร N ที่ผู้วิจัยคำนวณได้ และค่าตัวแปรที่ผู้วิจัยได้จากวิทยานิพนธ์ของ นงลักษณ์ ขึ้นอยู่กับอัตราตายตามช่วงอายุที่ปรับแล้วของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สำมะโนประชากร ๒๕๐๓ และขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสตอกกำลังคนประเภทวิทยาศาสตร์ต่อกำลังคนทุกสาขาทั้งหมด ใน พ.ศ. ๒๕๐๓ จากการศึกษาของซันเดรัม (Sundrum) ดังกล่าวแล้ว

๒. กำลังคนระดับอุดมศึกษามีอัตราตายเท่ากับ อัตราการตายของประชากร อายุ ๒๐ – ๕๙ ปี ส่วนกำลังคนระดับมัธยมศึกษามีอัตราตายเท่ากับอัตราการตายของประชากรในช่วงอายุ ๑๕ – ๕๙ ปี และอัตราตายมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลา ๒๕๐๓ ถึง ๒๕๑๑ กำหนดอายุที่ปลดเกษียณเป็น ๖๐ ปี

๖. การหาค่าสัมประสิทธิ์

ก. หาจากการแทนค่าตัวแปรที่หาได้ในสูตร

๑. สัมประสิทธิ์ทางเทคนิค (γ)

ค่าสัมประสิทธิ์ γ^2, γ^{3s1} และ γ^{3s2} ได้จากการแทนค่าตัวแปรในสูตรที่ ๑ สูตรที่ ๘ และสูตรที่ ๙ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จะมี ๒ ชุด ชุดหนึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์พันคนต่อพันล้านบาท อีกชุดหนึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ พันคนต่อล้านเหรียญสหรัฐ

๒. อัตราจำหน่ายสู่ตลาดกำลังคน (λ)

ค่า λ คิดการปลดเกษียณและการตายของผู้สำเร็จการศึกษาแล้วเข้าในสู่ตลาดกำลังคน ค่า λ นี้หาได้จากสูตรที่ ๒ สูตรที่ ๖ หรือ สูตรที่ ๗

๓. อัตราการสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษา (μ^{3g})

ค่า μ^{3s1g} และ μ^{3s2g} หาได้จากสูตรที่ ๔ และที่ ๕

๔. อัตราการออกจากสถานศึกษาระดับอุดมศึกษากลางคัน (μ^{3d})

ค่า μ^{3s1d} และ μ^{3s2d} หาได้จากข้อ ๓ โดยที่

$$\mu^{3s1d} = 1 - \mu^{3s1g}$$
$$\mu^{3s2d} = 1 - \mu^{3s2g}$$

ข. สัมประสิทธิ์ที่เหลือหาจากการแก้สมการโดยตรงไม่ได้ เนื่องจากสูตรที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์มีเพียง ๔ สูตร แต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการมี ๑๒ ค่า สัมประสิทธิ์ที่เหลืออีก ๘ ค่า มีวิธีหาจากคำจำกัดความ ดังนี้[๑]

๑. อัตราการสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษา (μ^{2g})

μ^{2g} = จำนวนนักเรียนที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาในช่วงเวลาหนึ่ง หารด้วยจำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนระดับมัธยมศึกษาทั้งหมดในปีแรกของช่วงเวลาเดียวกัน

ช่วงเวลาที่กำหนดจะกำหนดหลายช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาระหว่างปีการศึกษา ๒๕๐๓ ถึง ๒๕๐๗ , ๒๕๐๔ ถึง ๒๕๐๘, ๒๕๐๕ ถึง ๒๕๐๙, ๒๕๐๖ ถึง ๒๕๑๐, และ ๒๕๐๗ ถึง ๒๕๑๑

ปีแรกของช่วงเวลาเดียวกัน ได้แก่ปีการศึกษา ๒๕๐๓ , ๒๕๐๔ , ๒๕๐๕ , ๒๕๐๖ , และ ๒๕๐๗ ตามลำดับ

การหาค่า μ^{2g} ในช่วงเวลาต่าง ๆ ๔ ช่วง ทำให้ได้ค่า μ^{2g} ๔ ค่า เอาค่าที่ได้มาหาเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่ง

---

[๑] ดูภาคผนวก ข.

ค่า μ^{2g} ไม่ใช่อัตราการสำเร็จการศึกษาของนักเรียนที่เข้าเรียนจริง แต่เป็นค่าเฉลี่ยในช่วง ๕ ปี เช่นหา μ^{2g} ของผู้สำเร็จการศึกษาในช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. ๒๕๐๖ ถึง๒๕๑๐ ได้โดยเอาจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาทั้งหมดใน พ.ศ. ๒๕๐๖ มาหาร จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาใน พ.ศ. ๒๕๐๖ เป็นผู้ที่เข้าเรียนปีที่ ๑ ใน พ.ศ. ๒๕๐๒ – ๒๕๐๖ ซึ่งส่วนหนึ่งจะตกซ้ำชั้น หรือตกออกไปบ้าง

๒. เรโชครูต่อนักเรียน ๑ คน (π)

$$\pi = \frac{\text{จำนวนครูประจำในปีการศึกษาหนึ่ง}}{\text{จำนวนนักเรียนในระดับเดียวกันทั้งหมดในปีการศึกษาเดียวกัน}}$$

ในที่นี้ หาค่า π^2 และ π^3 จากจำนวนครูในปีการศึกษา ๒๕๑๑ หารด้วยจำนวนนักเรียนในปีการศึกษาเดียวกันนี้

๓. การประเมินกำลังคนในระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น โดยใช้สูตรเศรษฐมิติทางการศึกษาที่หาค่าสัมประสิทธิ์แล้ว กำหนดลักษณะความเจริญของระบบเศรษฐกิจตามธรรมชาติ ความเจริญที่สมดุลย์

สูตรเศรษฐมิติทางการศึกษาที่หาค่าสัมประสิทธิ์ได้แล้ว จะอยู่ในรูปต่อไปนี้

1) $N^2_t = c_1 V_t$

2) $N^2_t = (1-c_2)N^2_{t-1} + m^2_t$

3) $m^2_t = c_3 n^2_{t-1} + c_4 n^{3s_1}_{t-1} + c_5 n^{3s_2}_{t-1} - n^3_t$

4) $m^{3s_1}_t = c_6 n^{3s_1}_{t-1}$

5) $m^{3s_2}_t = c_7 n^{3s_2}_{t-1}$

6) $N^{3s_1}_t = (1-c_8)N^{3s_1}_{t-1} + m^{3s_1}_t$

7) $N^{3s_2}_t = (1-c_8)N^{3s_2}_{t-1} + m^{3s_2}_t$

8) $N^{3s_1}_t = c_9 V^{s_1}_t$

9) $N^{3s_2}_t = c_{10} V^{s_2}_t + c_{11} n^2_t + c_{12} n^3_t$

• ดูแผนภูมิที่ ๓ ประกอบ

๑๐) $n_t^{3} = n_t^{3s1} + n_t^{3s2}$

สัญญลักษณ์ $c_1, c_2, \ldots, c12$ เป็นค่าคงที่ หรือค่าสัมประสิทธิ์ที่หาได้จากการคำนวณในข้อ ๒

การหาอัตราความเจริญที่สมดุลย์ของระบบการศึกษา และระบบเศรษฐกิจยึดข้อสมมุติเบื้องต้นที่ว่าอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจรวมคงที่ ความเจริญทางเศรษฐกิจในสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่นมีอัตราแตกต่างกัน แต่แต่ละอัตราจะคงที่ในช่วงเวลา ๕ ปี

วิธีคำนวณ

๑. กำหนดอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจรวมเป็น A% ต่อปี หรือ a% ต่อ ๕ ปี ตามอัตราความเจริญของระบบเศรษฐกิจเฉลี่ยในช่วงเวลา ๕ ปี นับแต่ต้นปีของการใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจ ฉบับแรกจนถึง พ.ศ. ๒๕๑๒ [๒] อาศัยข้อสมมุติเบื้องต้นที่ว่าอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจของ ๒ ระบบไม่เท่ากัน ตัวแปร v_t^{sj} จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสมการ ๑๔

๑๔) $v_t^{sj} = v_{01}^{sj} w^t + v_{00}^{sj}, \quad (j = 1, 2)$

สัญญลักษณ์ $w = 1 + \frac{a}{100}$

a = อัตราความเจริญทางเศรษฐกิจต่อระยะเวลา ๕ ปี

v_{01}^{sj}, v_{00}^{sj} = ค่าคงที่

โดยที่อัตราความเจริญในระบบเศรษฐกิจสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่นที่แตกต่างกันนั้น จะต้องมีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับอัตราความเจริญของเศรษฐกิจทั้งระบบ และจากข้อสมมุติเบื้องต้นที่ว่า อัตราความเจริญทางเศรษฐกิจทั้งระบบคงที่ ทำให้ได้สมการที่ ๑๕

๑๕) $\sum_{j=1}^{2} v_{00}^{sj} = 0$

---

[๑] สมการที่ ๑๐ เพิ่มขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณค่าตัวแปร เนื่องจากมีตัวแปร ๑๐ ตัว แต่มีสมการเกี่ยวเนื่อง ๙ สมการ

[๒] ดูภาคผนวก ก.

๒. คำนวณหาค่าคงที่ $V_{o1}^{s_j}$, $V_{oo}^{s_j}$ และ w จากสมการที่๑๔และ๑๕เมื่อt=0 และt=1

ในช่วงเวลา t = 0 ซึ่งตรงกับกาบเวลาระหว่าง พ.ศ. ๒๕๑๐ – พ.ศ. ๒๕๑๔ และ t = ๑ตรงกับกาบเวลาระหว่าง พ.ศ. ๒๕๑๕ – พ.ศ. ๒๕๑๙ สมการ ๑๔ กระจายได้ดังนี้

t = 0	t = 1
$V_o^{s1} = V_{o1}^{s1} w^0 + V_{oo}^{s1}$	$V_1^{s1} = V_{o1}^{s1} w^1 + V_{oo}^{s1}$
$V_o^{s2} = V_{o1}^{s2} w^0 + V_{oo}^{s2}$	$V_1^{s2} = V_{o1}^{s2} w^1 + V_{oo}^{s2}$

ส่วนสมการที่ ๑๕ จะเป็น $V_{oo}^{s1} + V_{oo}^{s2} = 0$

สัญญลักษณ์ V_o^{s1} , V_o^{s2} คือมูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศที่จุดปลายช่วงเวลาที่ t=o หรือ คือ V_{2514}^{s1}, V_{2514}^{s2} นั่นเอง

V_1^{s1} , V_1^{s2} คือมูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศที่จุดปลายช่วงเวลาที่ t=1 หรือ คือ V_{2519}^{s1}, V_{2519}^{s2} นั่นเอง

ค่า V_{o1}^{s1} , V_{oo}^{s1} , V_{o1}^{s2} , V_{oo}^{s2} และ w เป็นค่าตอบที่หาได้จากการแก้สมการทั้ง ๕ สมการนี้

$$V_{2514}^{s1} = V_{o1}^{s1} + V_{oo}^{s1}$$

$$V_{2514}^{s2} = V_{o1}^{s2} + V_{oo}^{s2}$$

$$V_{2519}^{s1} = V_{o1}^{s1} w + V_{oo}^{s1}$$

$$V_{2519}^{s2} = V_{o1}^{s2} w + V_{oo}^{s2}$$

$$V_{oo}^{s1} + V_{oo}^{s2} = 0$$

จะเห็นว่า V_{oo}^{s1} และ V_{oo}^{s2} เป็นค่าที่ปรับให้มูลค่าผลิตภัณฑ์ที่จุดปลายช่วงเวลา t ($V_t^{s_j}$) ของชาชาเศรษฐกิจ s_1 และ s_2 แตกต่างกัน ตามข้อสมมุติที่ว่าอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจ ชาชา s_1 และ s_2 ไม่เท่ากัน แต่ละอัตราจะคงที่ในช่วงเวลา ๕ ปี ความเจริญทางเศรษฐกิจ ชาชา s_1 และ s_2 จะสอดคล้องกับความเจริญของเศรษฐกิจทั้งระบบที่มีอัตราคงที่ ดังนั้น V_{oo}^{s1} และ V_{oo}^{s2} ที่เป็นค่าปรับนี้ เมื่อรวมกันแล้วจะต้องเท่ากับ o ถ้าไม่มีข้อสมมุติเบื้องต้นที่ว่า ๒ อัตรามีความเจริญแตกต่างกัน ค่าปรับ V_{oo}^{s1} และ V_{oo}^{s2} ต่างก็จะมีค่าเป็น o นั่นคือ $V_t^{s_j} = V_{o1}^{s_j} w^t$

ค่า w ที่หาได้ในที่นี้ คือ $1 + \frac{a}{100}$ หรือเป็นค่าที่ได้จากอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจ a% ต่อ ๕ ปี ตามที่คำนวณได้ในข้อ ๑ นั่นเอง ถ้ากำหนดช่วงเวลา t=0 ตรงกับช่วงเวลาในอดีต เช่น ให้ตรงกับช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. ๒๕๐๐ ถึง พ.ศ. ๒๕๐๔ และ t=1 ตรงกับช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ.๒๕๐๕ถึงพ.ศ.๒๕๐๙จะหาค่า V^{sj}_{2514} และ V^{sj}_{2519} ได้โดยไม่ต้องคำนวณค่า V^{sj}_{2514} และ V^{sj}_{2519} ตามข้อ ๑ เพียงแต่แทน $V^{sj}_0 = V^{sj}_{2504}$, $V^{sj}_1 = V^{sj}_{2509}$ ก็จะได้ค่า w, V^{sj}_{01} และ V^{sj}_{00} เป็นค่าคงที่สำหรับสมการ ๑๖

๑๖) $V^{s1}_t = ew^t + b$, $V^{s2}_t = cw^t + d$

เมื่อ $e = V^{s1}_{01}$

$b = V^{s1}_{00}$

$c = V^{s2}_{01}$

$d = V^{s2}_{00}$

$w = 1 + \frac{a}{100}$

a = อัตราความเจริญทางเศรษฐกิจในเวลา ๕ ปี หรือ A% ต่อปี โดยที่ A% ได้จากค่าเฉลี่ยของความเจริญทางเศรษฐกิจในช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ.๒๕๐๔ ถึง พ.ศ. ๒๕๐๙

หาค่า V^{sj}_{2514} และ V^{sj}_{2519} โดยแทนค่า t=2 และ t=3 ในสมการ ๑๖ แต่ช่วงเวลาจะไม่ตรงกับที่ผู้วิจัยใช้ ในที่นี้จึงใช้วิธีหาอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจของแต่ละระบบ (r_1, r_2) แล้วหา V^{sj}_{2514} และ V^{sj}_{2519} จากสูตร $V^{sj}_y = V^{sj}_{2512}(1 + \frac{r_j}{100})^{y-2512}$

เมื่อ y คือ พ.ศ. ๒๕๑๔ และ พ.ศ. ๒๕๑๙

จะได้ค่า V^{s1}_{2514}, V^{s2}_{2514}, V^{s1}_{2519}, V^{s2}_{2519} แทนในสมการ เมื่อ

t = 0 ได้ $V^{s1}_{2514} = V^{s1}_{01} + V^{s1}_{00}$

$V^{s2}_{2514} = V^{s2}_{01} + V^{s2}_{00}$

t = 1 $V^{s1}_{2519} = V^{s1}_{01}w + V^{s1}_{00}$

$V^{s2}_{2519} = V^{s2}_{01}w + V^{s2}_{00}$

$V^{s1}_{00} + V^{s2}_{00} = 0$

ค่าคงที่ V^{s1}_{01}, V^{s2}_{01}, V^{s1}_{00} และ V^{s2}_{00} นำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

๓. กำหนดให้ตัวแปรอื่น ๆ ในสูตร (n , m และ N) มีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะเดียวกันกับขั้นตอนการ ๑๗)

๑๗) $$Z_t = Z_{o1} w^t + Z_{oo}$$

สัญลักษณ์ Z = ตัวแปรใด ๆ ได้แก่ตัวแปร n , m และ N

w , Z_{o1}, Z_{oo} = ค่าคงที่

จะได้ค่าคงที่ ๖ ชุดที่ยังไม่ทราบค่า คือ

ชุดแรก
$$N_{o1}^2 = c_1 V_{o1}^2$$
$$N_{o1w}^2 = (1+c_2) N_{o1}^2 + m_{o1w}^2$$
$$m_{o1w}^2 = c_3 n_{o1}^2 + c_4 n_{o1}^{3s1} + c_5 n_{o1}^{3s2} - n_{o1w}^3$$
$$m_{o1w}^{3s1} = c_6 n_{o1}^{3s1}$$
$$m_{o1w}^{3s2} = c_7 n_{o1}^{3s2}$$
$$N_{o1w}^{3s1} = (1+c_8) N_{o1}^{3s1} + m_{o1}^{3s1}$$
$$N_{o1w}^{3s2} = (1+c_8) N_{o1}^{3s2} + m_{o1}^{3s2}$$
$$N_{o1}^{3s1} = c_9 V_{o1}^{s1}$$
$$N_{o1}^{3s2} = c_{10} V_{o1}^{s2} + c_{11} n_{o1}^2 + c_{12} n_{o1}^3$$
$$n_{o1}^3 = n_{o1}^{3s1} + n_{o1}^{3s2}$$

ชุดที่สอง
$$N_{oo}^2 = c_1 V_{oo}^2$$
$$N_{oo}^2 = (1+c_2) N_{oo}^2 + m_{oo}^2$$
$$m_{oo}^2 = c_3 n_{oo}^2 + c_4 n_{oo}^{3s1} + c_5 n_{oo}^{3s2} - n_{oo}^3$$
$$m_{oo}^{3s1} = c_6 n_{oo}^{3s1}$$
$$m_{oo}^{3s2} = c_7 n_{oo}^{3s2}$$
$$N_{oo}^{3s1} = (1+c_8) N_{oo}^{3s1} + m_{oo}^{3s1}$$
$$N_{oo}^{3s2} = (1+c_8) N_{oo}^{3s2} + m_{oo}^{3s2}$$
$$N_{oo}^{3s1} = c_9 V_{oo}^{s1}$$
$$N_{oo}^{3s2} = c_{10} V_{oo}^{s2} + c_{11} n_{oo}^2 + c_{12} n_{oo}^3$$
$$n_{oo}^3 = n_{oo}^{3s1} + n_{oo}^{3s2}$$

สมการชุดแรกจะมีค่า w ติดอยู่ ส่วนสมการชุดที่สองจะมีแต่ค่าคงที่ c1 , c2 ,..., c12 ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่านวณ[๑] สมการสองชุดนี้ ตัวแปรต่าง ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นตามสมการ $Z_t = Z_{01}w^t + Z_{00}$ แต่ยังคงรักษาความสัมพันธ์กับสูตรตัวอย่างการศึกษาไว้

๔. แทนค่า w , V_{01} , V_{01}^{s1} , V_{01}^{s2} ที่ได้จากการคำนวณในข้อ ๒ ลงในสมการชุดแรก เพื่อหาค่า N_{01}, m_{01}^{2} , n_{01}^{2} , n_{01}^{3s1} , n_{01}^{3s2} , n_{01}^{3} , N_{01}^{3s1} , N_{01}^{3s2} , m_{01}^{3s1} และ m_{01}^{3s2} จะได้ค่าคงที่ทั้งหมด ๑๐ ค่า หรืออาจจัดสมการชุดแรกเสียใหม่ให้ค่าคงที่ทุก ๆ ค่าอยู่ในรูปของ V_{01} หรือ V_{01}^{s1} หรือ V_{01}^{s2} แล้วแทนค่า V_{01} , V_{01}^{s1} และ V_{01}^{s2} จะได้ค่าคงที่ ๑๐ ค่า ใช้สัญลักษณ์เป็น Z_{01}

๕. แทนค่า V_{00} , V_{00}^{s1} และ V_{00}^{s2} ที่ได้จากการคำนวณในข้อ ๖ ในสมการชุดที่สอง จะได้ค่า N_{00}^{2} , m_{00}^{2} , n_{00}^{2} , n_{00}^{3s1} , n_{00}^{3s2} , n_{00}^{3} , N_{00}^{3s1} , N_{00}^{3s2} , m_{00}^{3s1} และ m_{00}^{3s2} ค่าคงที่นี้ใช้สัญลักษณ์เป็น Z_{00}

๖. หาค่าตัวแปร Z_t เมื่อ t = 0, 1 , 2 , 3 จากการแทนค่า Z_{01} และ Z_{00} ที่หาได้ในข้อ ๔ และข้อ ๕ ในสมการ

$$Z_t = Z_{01}w^t + Z_{00}$$

จะได้ค่าตัวแปร ๑๐ ค่า ในแต่ละช่วงเวลา เมื่ออัตราความเจริญทางเศรษฐกิจเป็น a% ต่อ ๕ ปี ก็หมดลักษณะความเจริญของระบบเศรษฐกิจและระบบการศึกษาเป็นแบบสมดุล (Patterns of Balanced Growth)

๗. เขียนผลการคำนวณในรูปตารางต่อไปนี้ ช่วงเวลาละ ๑ ตาราง รวม ๔ ตาราง

---

[๑] ดูภาคผนวก ค.

ตารางที่ ๑ แสดงสัญญลักษณ์ตัวแปรต่างๆที่ได้จากการประเมินจากสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา เมื่อกำหนดความเจริญที่สมดุลย์เป็น a% ต่อ ๕ ปี

สัญญลักษณ์	อัตราความเจริญทางเศรษฐกิจทั้งระบบต่อ ๕ ปี	a%		
	ช่วงเวลา	t		
	พ.ศ.			
	สาขา	สาขาวิทยาศาสตร์	สาขาอื่น	รวม
V.....	ผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศ.....	V_t^{s1}	V_t^{s2}	V_t
N^2.....	สต๊อกกำลังคนระดับมัธยมศึกษา			N_t^2
N^3.....	สต๊อกกำลังคนระดับอุดมศึกษา	N_t^{3s1}	N_t^{3s2}	N_t^3
n^2.....	จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา			n_t^2
n^3.....	จำนวนนักเรียนระดับอุดมศึกษา	n_t^{3s1}	n_t^{3s2}	n_t^3
m^2.....	ผู้เข้าสู่แรงงานระดับมัธยมศึกษา			m_t^2
m^3.....	ผู้เข้าสู่แรงงานระดับอุดมศึกษา	m_t^{3s1}	m_t^{3s2}	m_t^3

ผลการคำนวณตามวิธีการที่กล่าวในบทนี้ จะแสดงในบทที่ ๔ ต่อไป พร้อมด้วยการเขียนกราฟแสดงค่ากำลังคนรูปต่าง ๆ ที่ประเมินได้ในอนาคต พิจารณาเปรียบเทียบกำลังคนในสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น การเพิ่มของค่ากำลังคนแต่ละรูป เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปทั่วไปในอันดับสุดท้าย