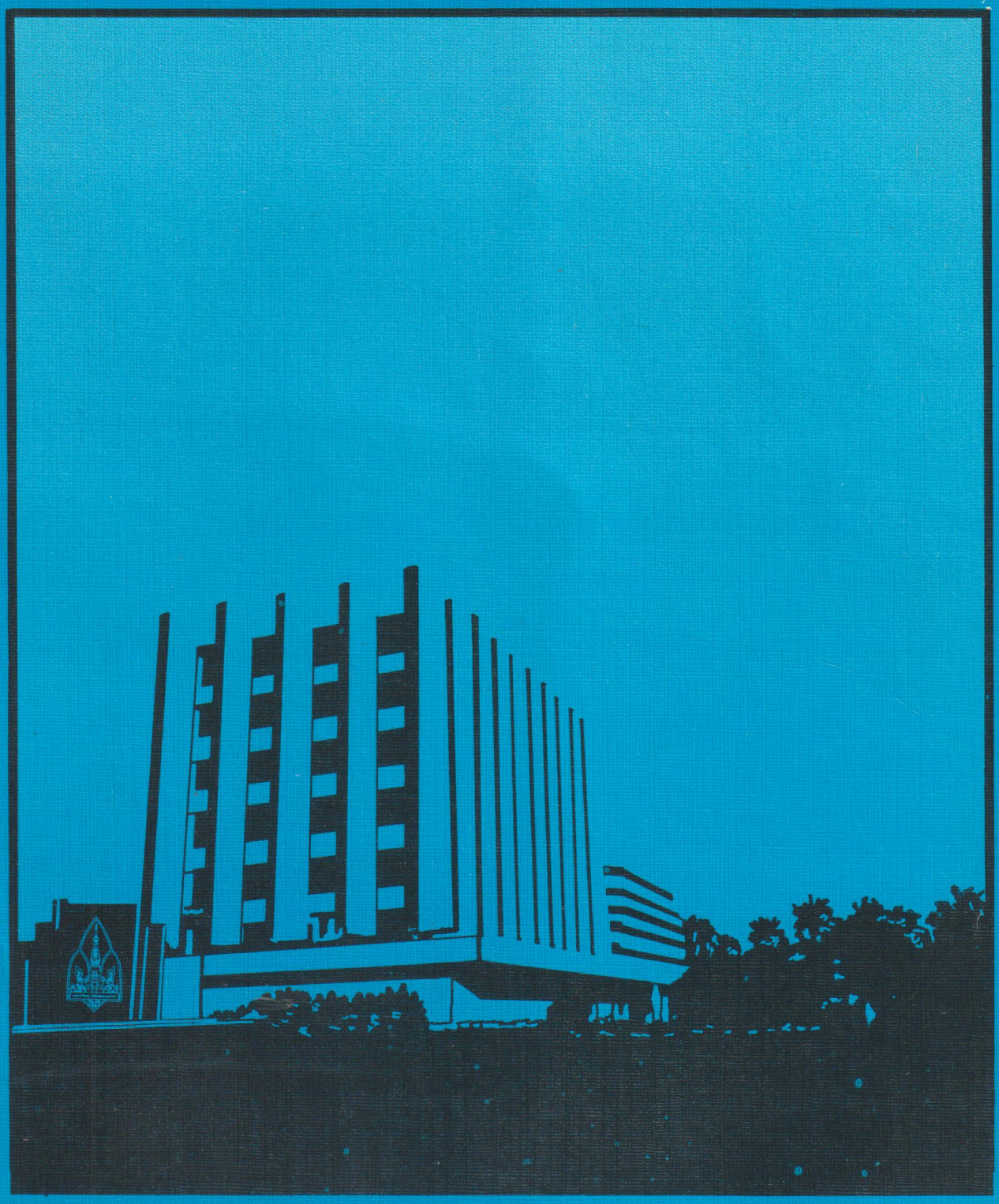
ISSN 0125-2364

วารสาร

วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2535



ISSN 0125-2364

วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

ตึก 6 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม
ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน
ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน
ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ขายปลีกเล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ISSN 0125-2208

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand.

Office

Faculty of Science Library, Building 6, Khon Kaen University.

Objectives

1. To promote and propagate hnowledge in all fields of science.
2. To publish results from research and studies by academic staff and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among staff, students and those interested from both inside and outside the institute.

Publishing terms

four issues per annual volume

Issue no. 1 January - March
Issue no. 2 April - June
Issue no. 3 July - September
Issue no. 4 October - December

Subscription rate

40 baht per annum. Single issue price 12 baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completion the membership form, with the free paid in the form of a postal order or postal cheque sent to Mrs. Boonkoom Lualon, Managing Committee, Khon Kaen University Post Office, Khon Kaen, University, Khon Kaen 40002.

ว.วิทย. มข. 20(1) : 1 - 8

แสตมป์เคมีกับประวัติการค้นพบและการแยกธาตุให้บริสุทธิ์

เฉลิม เรืองวิริยะชัย *

ตามที่เคยได้กล่าวมาแล้วในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.ฉบับก่อน ๆ ไว้ว่าแสตมป์วิทยาศาสตร์โดยเฉพาะแสตมป์เคมีนั้นได้มอบเกร็ดความรู้ที่น่าสนใจมากน้อยเพียงใดไปแล้ว และมาครั้งนี้ขอนำเสนอเรื่องราวอีกเรื่องหนึ่งที่แสตมป์เคมีได้ให้ความรู้ในอีกแง่หนึ่ง นั่นคือ แสตมป์เคมีสามารถเล่าประวัติของการค้นพบและการแยกธาตุให้บริสุทธิ์ได้ จากบรรดาแสตมป์ต่าง ๆ ที่นานาประเทศได้ลงตีพิมพ์และออกจำหน่ายมาว่ามีธาตุอะไรกันบ้าง แล้วใครเป็นผู้ค้นพบและทำการแยกธาตุให้บริสุทธิ์ได้สำเร็จเป็นคนแรก

ธาตุต่าง ๆ เช่น คาร์บอน (C) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) ทองแดง (Cu) และ เงิน (Ag) เป็นธาตุที่มนุษย์รู้จักกันมานาน ก่อนที่จะทราบลักษณะทางธรรมชาติของธาตุเหล่านี้ แต่อย่างไรก็ตามการค้นพบตลอดจนการแยกธาตุให้บริสุทธิ์นั้นได้เกิดขึ้นมาสองร้อยกว่าปีแล้ว เป็นเพราะช่วงเวลาดังกล่าวได้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญและยิ่งใหญ่ของโลกมนุษย์เรา คือการปฏิวัติอุตสาหกรรมในปลายศตวรรษที่ 18 นั่นเอง ซึ่งมีเหตุผลสำคัญที่น่าสนใจ 3 ประการ ดังนี้

ประการแรก ได้มีการพัฒนาทักษะและความเข้าใจอันแกร่งกล้าในทางทฤษฎีของเคมียุคใหม่มากขึ้น อาทิเช่นการลบล้างทฤษฎีแห่งการเผาไหม้ (Phlogiston Theory) โดยอองตวน-โลรอง ลาวัวซิเอ (Antoine-Laurent Lavoisier) ทฤษฎีนี้ได้กล่าวไว้ว่า **"สารที่ติดไฟได้ทุกสาร ประกอบด้วย phlogiston ซึ่งจะออกไปเมื่อเผาเหลือแต่ขี้เถ้า ถ้าสามารถนำ phlogiston กลับเข้าไปในขี้เถ้าได้ ก็จะได้สารนั้นกลับมา"** หรือ การสร้างทฤษฎีอะตอมโดย จอห์น ดาลตัน (John Dalton) หรือแม้กระทั่ง การสร้างระบบตารางธาตุโดยดิมิทรี อิวาโนวิช เมนเดเลเอฟ (Dimitri Ivanovich Mendeleev) และ ยูลิอุส โลทาร์ ไมเออร์ (Julius Lothar Meyer) เป็นต้น

ประการที่สอง ได้เริ่มมีการศึกษาหาความรู้พื้นฐานทางเคมีวิเคราะห์ โดยเฉพาะการพัฒนาทางด้านปริมาณวิเคราะห์เพิ่มมากยิ่งขึ้น

และประการที่สาม ได้เริ่มรู้จักวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ จากการศึกษาเส้นสเปกตรัม ตลอดจนได้ศึกษาว่าธาตุใดสามารถปลดปล่อยรังสีออกมา

---

*อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คราวนี้เราลองมาดูกันสิว่า การค้นพบและการแยกธาตุต่าง ๆ ออกมาได้ในรุ่นเก่านั้น มีธาตุอะไรกันบ้าง และนักวิทยาศาสตร์ท่านใด สาขาใด เป็นผู้ค้นพบธาตุเหล่านั้น

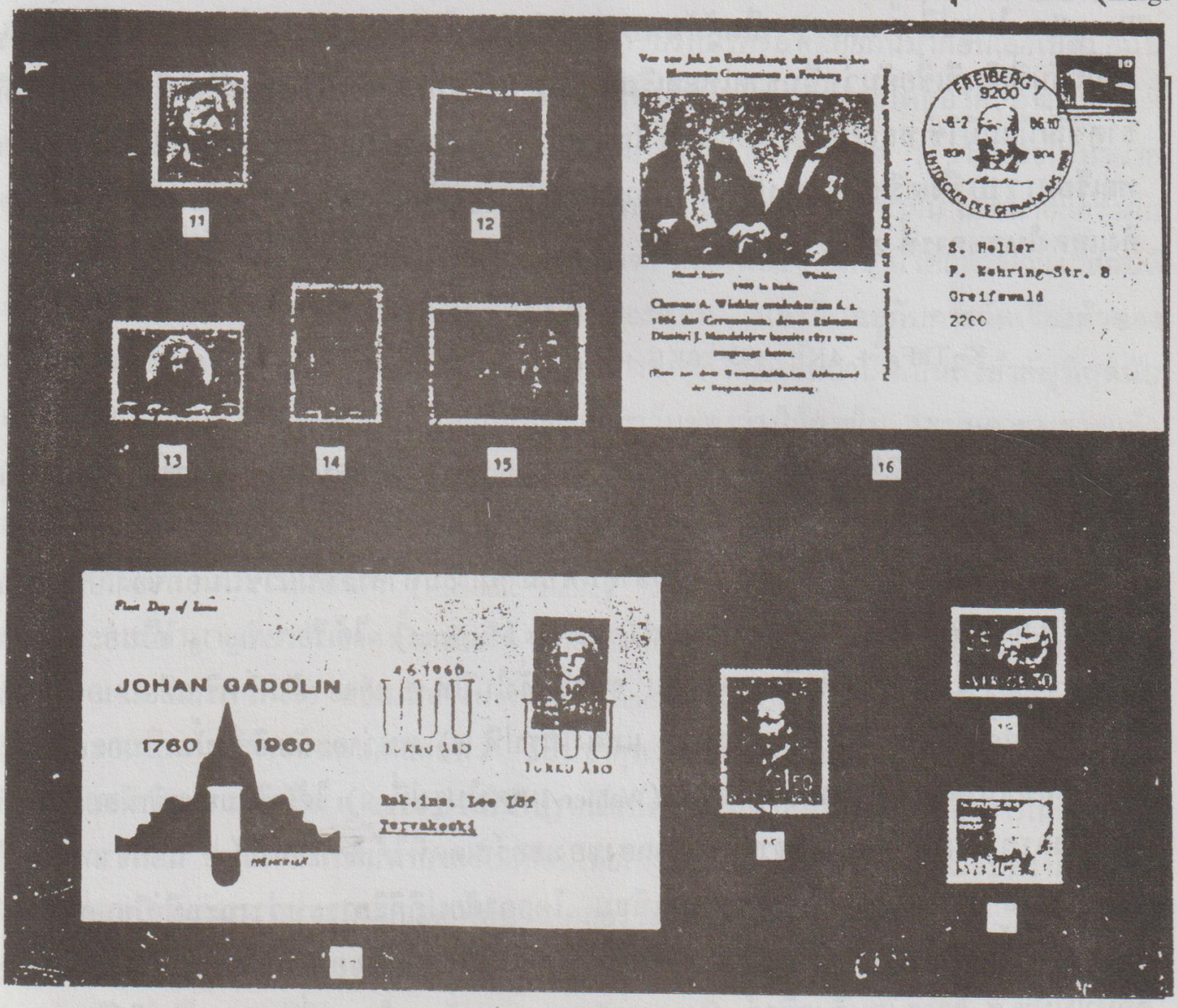
ออกซิเจน (O) เป็นธาตุที่มีจำนวนมากมายอย่างล้นหลามและเหลือเฟือมากที่สุดในโลก โดยในปีพ.ศ. 2317 โจเซฟ พริสต์ลีย์ (Joseph Priestley) เป็นผู้ค้นพบ ธาตุนี้แต่ยังไม่ทราบธรรมชาติที่แท้จริง จนกระทั่งมาถึงยุคของลาวัวซิเอจึงทราบคุณสมบัติของมัน และในช่วงเวลาเดียวกันคาร์ล ชีล (Carl Scheele รูปที่ 1) ได้ค้นพบธาตุออกซิเจนเช่นเดียวกัน โดยทั้งสองไม่ได้นัดหมายกันมาก่อน การเตรียมออกซิเจน หรือบางทีเรียกว่า อากาศไฟ (fire air) นั้น เตรียมได้จากการเผาแมงกานีสไดออกไซด์ กับกรดกำมะถันเข้มข้น ดูสมการที่ 1

$$MnO_2(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow MnSO_4(s) + H_2O(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \quad ....(1)$$

ภาพที่ 1

ยิ่งไปกว่านั้น ภายหลังจากการศึกษาเรื่องนี้ยังเป็นแนวทางที่ทำให้ชีลค้นพบและเตรียม**คลอรีน (Cl)** ขึ้นมา และยังได้ค้นพบรวมทั้งศึกษาลักษณะของสารประกอบแมงกานีสและแบเรียมอีกด้วย จนกระทั่งในการศึกษาบางเรื่องของเขาได้นำไปสู่การก่อตั้งมูลนิธิเพื่อการค้นพบธาตุ**โมลิบดีนัม** (Mo) และ**ทังสเตน (W)** ในเวลาต่อมาสำหรับธาตุ**โครเมียม (Cr)** คำว่า " Chrome " ซึ่งมีรากศัพท์ทางภาษากรีกที่แปลว่า " สี " นั้น หลุยส์ แวนเควลิน (Louis Vanquelin ดังรูปที่ 2) เป็นผู้ค้นพบ และสามารถแยกโครเมียมได้ในปี พ.ศ. 2340 แต่อยู่ในรูปที่ยังไม่บริสุทธิ์ หนึ่งปีต่อมาเขาก็ได้ค้นพบธาตุใหม่ โดยเขาได้พิสูจน์และพบว่า ธาตุ**เบริลเลียม (Be)** เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในเบริล หรือมรกต [เบริลเลียมอะลูมิเนียมซิลิเกต ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$)] ส่วนในปีพ.ศ. 2371 ฟรีดริช เวอเลอร์ (Friedrick Wohler) นักเคมีชาวเยอรมันก็สามารถแยกธาตุเบริลเลียมบริสุทธิ์ได้

นักวิทยาศาสตร์บางคนได้เริ่มรู้จักนำกระแสไฟฟ้าเข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างความเจริญก้าวหน้าและพัฒนาให้แก่วงการวิทยาศาสตร์มากขึ้นไปอีก อย่างเช่น ลุยจี กัลวานี (Luigi



ภาพที่ 2

galvani) ดังแสดงในรูปที่ 3 และอาเลสซันโดร วอลตา (Alessandro Volta) ในรูปที่ 4 ซึ่งทั้งสองคนเป็นชาวอิตาลี ในระยะเริ่มแรกของการฟันฝ่าอุปสรรคนั้น การแยกธาตุด้วยวิธีการใหม่ ๆ นั้น นักวิทยาศาสตร์คาดการณ์ไว้ว่า มันน่าจะเป็นจริงขึ้นมาได้ บุคคลแรกของสาขาวิชาไฟฟ้าเคมี คือเซอร์ ฮัมฟรีย์ เดวี (Sir Humprey Devy) ชาวอังกฤษนั่นเอง ซึ่งในช่วงปีพ.ศ. 2350 - 2351 เขาประสบความสำเร็จในการแยกธาตุต่าง ๆ ได้ อาทิเช่น **โพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) สตรอนเซียม (Sr) แมกนีเซียม (Mg)** รวมทั้ง**แบเรียม (Ba)** โดยอาศัยวิธีการแยกสลายด้วยไฟฟ้าในสารละลายเกลือผสมของธาตุเหล่านี้ และด้วยวิธีการแยกธาตุต่าง ๆ โดยวิธีการนี้อาจทำให้ธาตุใหม่ ๆ จำนวนมากมาย ตัวอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นและเป็นจริงมาแล้วก็คือ การแยก**โบรอน (B)** ออกจากกรดบอริก และบอแรกซ์ (น้ำประสานทอง, $Na_2B_4O_7.10H_2O$) โดยการทำปฏิกิริยารีดักชันกับโพแทสเซียม จนในที่สุดได้ผงสีเขียวเข้มของโบรอนขึ้นมา ซึ่งเป็นการศึกษาครั้งแรกโดย โจแซฟ-ลุย เก-ลูซัก (Joseph-Louis Gay-Lussac) และหลุยส์ เทอนาร์ด (Louis Thenard) ในช่วงฤดูร้อนของปีพ.ศ. 2360 เบอร์เซเลียส (Jon J. Berzelius ในรูปที่ 6 และ7) เป็นผู้ค้นพบธาตุ**ซีลีเนียม (Se)** ในห้องตะกั่วของโรงงานผลิตกรดกำมะถันที่เดิมทีเชื่อกันว่าเป็นธาตุ**เทลลูเรียม (Tl)** แต่ในที่สุดเขาก็ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าธาตุนั้นคือธาตุซีลีเนียมมิใช่เทลลูเรียมตามที่เคยเข้าใจในตอนแรกและในปีพ.ศ. 2372 เขาได้ค้นพบ ธาตุ**ทอเรียม (Th)** ซึ่งเตรียมได้จากปฏิกิริยารีดักชันของโพแทสเซียมทอเรียมฟลูออไรด์กับโพแทสเซียม ดังแสดงในสมการที่ 2

$$K_2ThF_6 + 4K \longrightarrow 6KF + Th \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

ในระหว่างปีพ.ศ. 2366-2368 เบอร์เซเลียส ยังสามารถแยก**ซิลิคอน (Si) เซอร์โคเนียม (Zr)** และ**แทนทาลัม (Ta)** ออกจากกันได้แต่ยังไม่บริสุทธิ์

ส่วน**อะลูมิเนียม (Al)** เป็นธาตุที่พบมากมายมหาศาลบนผิวชั้นนอกของเปลือกโลก ซึ่งในปีพ.ศ. 2297 แอนเดรส แมรกกราฟ (Andreas Marggraf) ได้เรียก Al_2O_3 เป็นอะลัมเอิร์ท (alum-earth) ซึ่งจริง ๆ แล้วคือ คอรันดัม จนกระทั่งในปีพ.ศ. 2368 ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans Christain Oersted ชาวเดนมาร์ก แสดงในรูปที่ 8) พบว่าอะลัมเอิร์ทนั้นเป็นอะลูมิเนียมที่ไม่บริสุทธิ์นั่นเอง ดังนั้น เวอร์เลอร์ (Wohler แสดงในรูปที่ 9) ได้เตรียมอะลูมิเนียมบริสุทธิ์เป็นครั้งแรก ซึ่งได้ทดลองต่อจากการทดลองของเออร์สเตดที่ได้เคยทำเอาไว้ นอกจากนั้นในปีพ.ศ. 2370 เวอร์เลอร์ ได้แยกอะลูมิเนียม โดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างอะลูมิเนียมคลอไรด์ (ปราศจากน้ำ) กับโพแทสเซียม แล้วยังได้ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของมันได้อย่างครบถ้วนอีกด้วย ต่อมาในปีพ.ศ. 2397 เฮนรี เดวิลล์ (Henry Deville ชาวฝรั่งเศสในรูปที่ 10) และโรเบิร์ต บุนเซน

(Robert Bunsen) ชาวเยอรมันได้เตรียมอะลูมิเนียมโดยอาศัย วิธีการแยกสลายด้วยไฟฟ้าสำเร็จเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2403 บุนเซน และกุสตาฟ คีร์ชฮอฟฟ์ (Gustav Kirchhoff แสดงในรูปที่ 11 และ12) ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ธาตุจากเส้นสเปกตรัมของธาตุซึ่งนับได้ว่า เป็นเหตุการณ์และเรื่องราวแห่งประวัติศาสตร์สำหรับวงการการค้นพบแร่ธาตุต่าง ๆ ก็ว่าได้ แม้จะเป็นที่รู้จักกันดีแล้วว่า ลักษณะสีของเปลวไฟจะเป็น ลักษณะเฉพาะของแต่ละธาตุแต่มันก็เป็นเพียงการพัฒนาทางด้านสเปกโทรสโกปี ซึ่ง บุนเซนเป็นผู้ออกแบบตามแนวความคิดที่เขาได้คาดการณ์เอาไว้ ด้วยการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแต่ละธาตุจากเส้นสเปกตรัม โดยใช้สารจำนวนน้อยนิดเพียงไม่กี่มิลลิกรัมก็สามารถวิเคราะห์ได้ บุนเซนได้รับความสำเร็จในการวิเคราะห์ธาตุจากการใช้วิธีนี้ ได้แก่ **ธาตุซีเซียม (Ce)** และ**รูบีเดียม (Ru)** ในปีพ.ศ. 2403 และพ.ศ. 2404 ตามลำดับ

หนึ่งในความสำเร็จของเจ้าแห่งความคิดที่มีชื่อเสียงมากที่สุดของสาขาเคมีในศตวรรษที่แล้วก็คือ การสร้างระบบตารางธาตุโดยเมนเดเลเอฟ ชาวรัสเซีย ดังแสดงในรูปที่ 13-15 และไมเออร์ ชาวเยอรมัน ในปีพ.ศ. 2412 โดยที่ทั้งสองไม่ได้มีการปรึกษาหรือพูดคุยกันมาก่อนเลยในสมัยนั้น ระบบตารางธาตุของ 63 ธาตุที่รู้จักกันดี ได้จัดระบบเป็นครั้งแรกโดยอาศัยคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันมาเข้าด้วยกัน กล่าวคือ เมื่อเรียงน้ำหนักอะตอมของธาตุต่าง ๆ จากน้อยไปหามากเรื่อย ๆ ไปแล้ว ธาตุที่มีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพคล้ายกันจะปรากฏซ้ำกัน และมาอยู่ตรงกันเป็นช่วง ๆ จึงได้ตั้งเป็น**กฎพีริออดิก (Periodic Law)** และในปัจจุบันกฎนี้ได้กล่าวไว้ว่า **"สมบัติต่าง ๆ ของธาตุเป็นพีริออดิกฟังก์ชันของเลขอะตอม และขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนของธาตุต่าง ๆ เหล่านั้น"** ระบบตารางธาตุที่ได้คิดขึ้นมานั้นเป็นสิ่งสำคัญที่สุดนับตั้งแต่เมนเดเลเอฟได้คิดขึ้นมา โดยไม่เพียงแต่จะเว้นช่องว่างไว้ภายใน ระบบตารางธาตุแล้วแต่ก็ยังคงสามารถคาดคะเนหรือเดาคุณสมบัติของธาตุพวก **eka-element** ใหม่ ๆ ที่คล้ายกันและสารประกอบอื่น ๆ ได้ การอาศัยกฎพีริออดิก จึงทำให้สามารถจัดธาตุต่าง ๆ เรียงตามเลขอะตอมเป็น ตารางพีริออดิก (Periodic Table) ซึ่งเป็นเครื่องช่วยอย่างมากในการเทียบเคียงจดจำ และทำนายเกี่ยวกับธาตุทั้งหลายได้ ตัวอย่างที่ยอมรับกันว่ายอดเยี่ยม สำหรับการค้นพบธาตุพวกeka-element คือ คลีเมนส์ วินเคลอร์ (Clemens Winkler) ได้ค้นพบธาตุ**เจอร์เมเนียม (Ge)** จากการคาดเดาของเมนเดเลเอฟว่า เป็นธาตุพวก **eka-silicon** ซึ่งต่อมาเขาได้ตีพิมพ์ผลงาน ของเขาออกมาในปีพ.ศ. 2429 ส่วนในไปรษณียบัตรดังรูปที่ 16 แสดงให้เห็นถึงการเฉลิมฉลองครบรอบ 100 ปี แห่งการค้นพบเจอร์เมเนียมโดยในรูปทางซ้ายมือของไปรษณียบัตรนั้น เป็นการถ่ายภาพร่วมกันระหว่างเมนเดเลเอฟกับวินเคลอร์ในปีพ.ศ. 2443

ภายหลังจากการสร้างระบบตารางธาตุขึ้นมา โลหะพวก rare-earth ซึ่งในขณะนั้นรู้จักกันเพียงไม่กี่ธาตุ เป็นเพราะความยุ่งยากซับซ้อนในการแบ่งแยกธาตุเหล่านั้นตามธรรมชาติ แต่ในปีพ.ศ. 2427 นักเคมีซึ่งเป็นผู้ชำนาญทางแร่อย่าง โจฮัน แกโดลิน (Johan Gadolin ดังรูป

ที่ 17) ได้แยกธาตุ**อิตเตรียม (Y)** จากอิตเตรียมออกไซด์ (Y_2O_3) โดยเชื่อกันมานานแล้วว่าต้องใช้เวลามากในการศึกษาธาตุนี้รวมถึงการทำให้บริสุทธิ์เสียเวลานาน ต่อมาเขาได้แสดงให้เห็นว่าออกไซด์ของมันประกอบไปด้วยชุดลำดับของโลหะพวก rare-earth ที่แตกต่างกันมากมาย อาทิเช่น ไดดาเมียม เป็นโลหะผสมของธาตุสองธาตุคือธาตุ**นีโอดิเมียม (Nd)** และ**เฟรซีโอดิเมียม (Pr)** โดยคาร์ล เวลสแบค (Carl Welsback แสดงในรูปที่ 18) สามารถทำให้ธาตุสองธาตุนั้นแยกออกจากกันได้ในปีพ.ศ. 2428 อีก 20 ปีต่อมาคือ ในพ.ศ. 2448 เขาก็ประสบความสำเร็จในการค้นพบธาตุ**ลูทีเชียม (Lu)** และ**ยุแกโดลิเนียม (Gd)** ตามชื่อของแกโดลินเพื่อเป็นเกียรติประวัติแก่นักวิทยาศาสตร์คนนี้

ส่วนในปีพ.ศ. 2437 จอห์น วิลเลียม เรย์ลี (John William Rayleigh ในรูปที่ 19) และเซอร์วิลเลียม แรมเซย์ (Sir William Ramsey ในรูปที่ 20) ทั้งสองประกาศว่าได้ค้นพบธาตุ**อาร์กอน (Ar)** จากการสังเกตไนโตรเจนที่ได้มาจากปฏิกิริยาทางเคมีและจากไนโตรเจนที่ผลิตมาจากอากาศนั้น แสดงความหนาแน่นที่แตกต่างกัน เท่ากับ 0.0016 กรัมต่อลิตร ซึ่งนำไปสู่การค้นพบอาร์กอนที่หาได้ยากในเวลาต่อมา ยิ่งไปกว่านั้นภายหลังจากการศึกษาเรื่องนี้ ทำให้

ภาพที่ 3

แรมเซย์ยังค้นพบธาตุ**ฮีเลียม (He)** ในปีพ.ศ. 2438 และในขณะทำการทดลองก็เกิดแนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องธาตุใหม่อีก 2 ตัวที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันขึ้น โดยเขาได้เสนอแนะว่า มันน่าจะเป็นไปได้ในการค้นพบธาตุใหม่ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ต่อมาอีกไม่นาน เขาก็ได้ค้นพบก๊าซที่หาได้ยากอีก 3 ธาตุ คือ **คริปตอน (Kr)** **นีออน (Ne)** และ**ซีนอน (Xe)** จนกระทั่งในปีพ.ศ. 2447 บุคคลทั้งสองคือรีเลย์และแรมเซย์ ได้รับรางวัลโนเบลในสาขาฟิสิกส์และสาขาเคมีตามลำดับจากรูปที่ 21 เป็นภาพการเฉลิมฉลองครบรอบ 150 ปีของอัลเฟรด โนเบล (Alfred Nobel) ผู้ซึ่งก่อตั้งและมอบรางวัลโนเบลที่มีเกียรติเป็นครั้งแรกเมื่อปีพ.ศ. 2444

เนื่องจากธาตุ**ฟลูออรีน (F)** สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ค่อนข้างว่องไวในสถานะที่บริสุทธิ์ ดังนั้นจึงทำให้นักวิทยาศาสตร์ไม่เข้าใจ และรู้ซึ้งถึงฟลูออรีนเป็นเวลาอันแสนนาน แต่ในที่สุดเฮนรี มอยแซน (Henri Moissan แสดงในรูปที่ 22) สามารถเตรียมฟลูออรีนได้สำเร็จเป็นครั้งแรกโดยวิธีทางไฟฟ้าในปีพ.ศ. 2429 และต่อมาก็ได้รับรางวัลโนเบลในปีพ.ศ. 2449

ด้วยในปีพ.ศ. 2439 เฮนรี แบ็กเกอเรล (Henry Becquerel) ชาวฝรั่งเศส ในรูปที่ 23 ได้ค้นพบธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นการบ่งบอกสัญญาณที่มีความหมายอันสำคัญต่อการส่งเสริมให้มีการค้นพบธาตุกัมมันตรังสีใหม่ ๆ ในเวลาต่อมา โดยในปีพ.ศ. 2441 สามี-ภรรยา คู่หนึ่งคือ ปีแอร์ และมารี กูรี (Marie and Pierre Curie) แสดงในรูปที่ 23-26 ได้ตรวจวัดธาตุ**เรเดียม (Ra)** และ**พอโลเนียม (Po)** ที่อาศัยหลักการของการเกิดกัมมันตภาพรังสี และยังสามารถแยกธาตุทั้งสองออกจากกันได้อีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นงานวิจัยทางด้านกัมมันตภาพรังสีตามธรรมชาติยังได้นำไปสู่การค้นพบธาตุใหม่ อย่างเช่นธาตุ**เรดอน (Rn)** ที่หาได้ยากและยังไม่รู้จัก ซึ่งเออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford ในรูปที่ 27) กับเฟรดเดอริค ซอดดี (Frederick Soddy) โดยทั้งสองเป็นผู้ค้นพบในปีพ.ศ. 2443 ส่วนในปีพ.ศ. 2461 ออตโต ฮัน (Otto Hahn แสดงในรูปที่ 29) กับไลซ์ ไมท์เนอร์ (Lise Meitner รูปที่ 30) ทั้งสองประสบ-ความสำเร็จในการพิสูจน์ว่า ไอโซโทปที่มีชั่วชีวิตยาวนานของธาตุที่มีเลขอะตอม 90 นั้น คือธาตุ**โพรแทกติเนียม (Pa)** ที่อยู่ในกากของแร่ยูเรเนียม ปีพ.ศ. 2477 อีแรน กูรี (Irene Curie) ชาวฝรั่งเศส และเฟรดิก โชลิโย-กูรี (Frederic Joliot-Curie) ได้ร่วมกันทำงานจนสามารถพบไอโซโทปกัมมันตรังสีซึ่งไม่พบในธรรมชาติ โดยอาศัยการเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมาเอง ดังนั้นการค้นหาธาตุใหม่ ๆ ก็ได้บรรลุมาถึงจุดสูงที่สุดในยุคสมัยใหม่ล่าสุดก็ว่าได้ โดยอาจจะเป็นไปได้สำหรับการสังเคราะห์ธาตุใหม่ ๆ ขึ้นมา สำหรับธาตุที่มีเลขอะตอมมากกว่า 92 ขึ้นไป ตัวอย่างที่สามารถเห็นได้คือการพัฒนาผลงานของเกลน ซีเบิร์ก (Glenn Seaborg) จนกระทั่งเขาได้รับรางวัลโนเบลในสาขาเคมีของปีพ.ศ. 2494 ในการเตรียมธาตุตัวใหม่ขึ้นมาจากการอาศัยวิธีการอันสลับซับซ้อนมากมาย ได้แก่ ธาตุ**อันนิลเซพเตียม (Uns)** ที่มีเลขอะตอม 107 โดยมีวิธีการเตรียมดังนี้ ระดมยิง ธาตุบิสมัทด้วยไอออนที่มีความเร่งสูงจากโครเมียม จนได้ธาตุใหม่ขึ้นมา ดังแสดงในสมการที่ 3

$$^{209}Bi + ^{54}Cr \text{ ---> } ^{261}Uns + 2^{1}n \quad .....(3)$$

อย่างไรก็ตาม การพิจารณาในเรื่องการตรวจวัดและศึกษาของธาตุใหม่ ๆ นั้น ได้เพิ่มขีดจำกัดและสร้างความยุ่งยากมากยิ่งขึ้น ก็เนื่องมาจากครึ่งชีวิตของธาตุเหล่านี้สั้นมาก ตัวอย่างเช่น ครึ่งชีวิตของธาตุอันนิลเซพเตียม สั้นแค่ 0.02 วินาที แต่กระนั้นก็ตามในปีพ.ศ. 2525 ได้มีการผลักดันเพื่อสร้างความก้าวหน้าต่อไปทำให้เกิดการค้นพบธาตุใหม่ ๆ ที่มีเลขอะตอมสูงถึง 109 ปัจจุบันโลหะพวก eka-element ที่มีเลขอะตอมมากถึง 114 นั้น ถือว่าเป็นศูนย์กลางของความสนใจของเหล่านักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายก็ว่าได้

เรื่องราวเกี่ยวกับประวัติของธาตุและการแบ่งแยกธาตุให้บริสุทธิ์นั้น ยังคงมีเรื่องราวต่าง ๆ อีกมากมายที่สามารถหาอ่านและศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากหนังสือหรือตำราเคมีทั่ว ๆ ไป ซึ่งเรื่องราวที่ได้เสนอไปข้างต้นนั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของแสตมป์เคมีที่สามารถบอกและลำดับความเป็นมาของการศึกษาทางเคมีให้เราเข้าใจกันได้บ้าง

นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายที่ได้กล่าวไปแล้วทั้งหมดได้เป็นผู้ศึกษาค้นคว้า จนค้นพบธาตุต่างๆ ด้วยความพยายามอุตสาหะมานานนับตั้งแต่อดีตกาลจวบจนถึงนักวิทยาศาสตร์รุ่นปัจจุบัน รวมทั้งเรื่องราวที่กำลังมุ่งพัฒนาเรื่องราวเหล่านี้ให้เข้าใจลึกซึ้งต่อไปในอนาคตอีกด้วย

ท้ายนี้ท่านพอจะจำได้หรือไม่ว่าธาตุที่ได้เอ่ยชื่อไปทั้งหมดมีกี่ธาตุแต่ละธาตุมีประโยชน์ต่อมวลมนุษย์มากน้อยเพียงใด ธาตุใดที่ท่านคุ้นเคยในชีวิตประจำวันบ้างและในอนาคตเป็นไปได้หรือไม่ที่จะพบธาตุใหม่ที่ชื่อว่าธาตุ**ไทยแลนเดียม (Thailandium)** หรือ**แบงคอกเคียม (Bangkokium)** เหมือนอย่างกับบ้านเมืองของประเทศอื่น ๆ บ้าง !!!

เอกสารอ้างอิง

1. S. Heller and D. Heller (1988), **J. Chem. Educ.**, 65, 12.
2. J. E. Brady and G. E. Humiston (1986), **General Chemistry** : Principle and Structure, 4th Ed., Chapter 3, pp. 81-99.
3. **เคมีทั่วไป** 2 (2532) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, บทที่ 12, หน้า 105-132.
4. **ศัพท์วิทยาศาสตร์** (2528), ฉบับราชบัณฑิตยสถาน, เพื่อนพิมพ์, ครั้งที่ 1.
5. พ.อ.สุทิน สัมปัตตะวนิช (2526), **พจนานุกรม ศัพท์วิทยาศาสตร์**, แพร่วิทยา, ครั้งที่ 3.

ว.วิทย. มข. 20(1) : 9 - 15

CHEMICAL CONSTITUENTS IN *AMANOA GUYANENSIS* AUBL.

Kwanjai Tunsuwan *
D. Howard Miles **
Udom Kokpol ***

ABSTRACT

Seven pure compounds were isolated from wood and stem bark of the Peru plant *Amanoa guyanensis* Aulb. Three compounds were isolated from a methylene chloride extract (fraction A, non polar part). They are octadecanoic acid (1), stigmasterol (2), and betulinic acid (3). Three additional compounds were isolated from a ethanol extract (fraction B, polar part). They are vanillin (5), gallic acid (6), and *scyllo*-quercitol. Furthermore, pioresinol diacetate (4) was isolated from the acetylation of the crude extracts.

บทคัดย่อ

การศึกษาสารเคมีในแก่นไม้และเปลือกไม้ของไม้เมืองร้อนจากประเทศเปรู *Amanoa guyanensis* Aulb. พบว่าในส่วนที่สกัดด้วยเมทิลีนคลอไรด์ (Faction A) แยกสารได้สามสารคือ octadecanoic acid (1), stigmasterol (2) และ betulinic acid (3) ในส่วนที่สกัดด้วยเอทานอล (fraction B) แยกได้สามสารได้แก่ vanillin (5), gallic acid (6), and *scyllo*-quercitol นอกจากนี้ยังพบ pioresinol diacetate (4) ในการแยกส่วนสกัดที่ผ่านการทำปฏิกริยาอเซทิเลชันแล้ว

* *Department of Chemistry, Khon-Kaen University, Khon-Kaen 40002 Thailand*
** *Department of Chemistry, University of Central Florida, Orlando, Florida 32816 USA*
*** *Department of Chemistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330 Thailand*

INTRODUCTION

Amanoa guyanensis Aubl. is a small tropical plant which is a member of the family Euphorbiaceae[1]. No reports on either the biological activity or the chemical constituents of this plant have been published. However, *Amanoa oblongifolia* is the only species in this genus whichhas appeared in the literature with regard to both its biological activity and the chemical constituents of its extracts. In 1985, Kinghorn and his coworkers[2] isolated 4'-demethyldeoxypodophyllotoxinas thesole cytotoxic constituent of stem bark of *A. oblongifolia* as well as a number of non-cytotoxic constituents including the lignans, (+)-sesamin and paulownin, thetriterpenes, friedelin, canophyllol, betulin, betulinic acid, and ursolic acid, and the sterols, β-sitosterol and β-sitosterol-D-glucoside. One yearlater, Kinghorn and his group[3] isolated four more compounds from the same plant species. They were two known hydroxylated sesquiterpenoids, cryptomeridiol andpterocarptriol, and two new compounds, 4-epicryptomeridiol and selina-3,4,11-triol. More recently, the tannin α-(-)-peltatin was also isolated from leaf extractsof *A.oblongifolia* as a antiviral murine cytomegalovirus (MCMV) compound by MacRae and his group.[4]

MATERIALS AND METHODS

Collection and Extraction of the Plant Material

The wood and stem bark of *Amanoa guyanensis* Aubl were collected in Loreto. Maynas. Dtto. Iquitos, Peru and was identified (voucher number 5136) by Sidney McDaniel, Department of Biological Sciences, Mississippi State University, The plant material was milled into a coarse powder and 7.3 kg of this powder was extracted with methylene chloride in a soxhlet apparatus for 24 h. The plant residue was then further extracted with 95% ethanol in the same manner, The solvent extracts were evaporated in vacuo to obtain the crude extract of fraction A (28.25 g), and fraction B (195.36 g) respectively.

Chromatography

Column chromatography was performed in an open column with silica gel (E. Merck 60-200 mesh). Thin layer Chromatography (TLC) was carried out on chromatoplates prepared with 110° C activated silica gel GF-254 type 60 with 0.25 mm layer for analytical and 1.00 mm for perparative TLC.

Instrumental

Infrared (IR) spectra werw recorded on a Perkin-Elmer model 1420 Ratio Recording Infrared Spectrophotometer, Solid samples were prepared as potassium bromide (KBr) pellets, Ultraviolet (UV) spectra were obtianed on a perkin-Elmer Lambda, 6, UV/VIS spectrophotometer, Nuclear Magnetic Resonance (^{1}H NMR and ^{13}C NMR) were performed on a Varian Gemini-200. The chemical shifts are reported as (parts per million downfield from TMS). Gas chromatography (GC) analyses were obtained on a Perkin-Elmer 8500 Gas Chromatograph with a flame ionization detector. Mass spectra were recorded on a Finnigan 4510 quadropole mass spectrometer. High resolution mass spectra were obtained from the Midwest Center for Mass spectrometry, University of Nebraska of Nebraska-Lincoln, Nebraska. Elemental analysis were obtained from Atlantic Microlab Inc. Norcross, Georgia. Melting point were observed on a Mel-Temp melting point apparatus and are uncorrected.

RESULTS AND DISCUSSION

Investigation of Fraction A

The column chromatographic isolation of fraction A (22 g) on silica gel using hexane, methylene chloride, and methanol as the eluting solvents obtained 232 fractions. Three pure compounds were isolated and identified. There were octadecanoic acid (1), stigmasterol (2), and betulinic acid (3). In addition, pinoresinoldiacetate (4) was isolated from crude acetylation of fractions 105-123.

Isolation of Octadecanoic Acid, (1)

compound 1 was isolated as a white amorphous solid (100 mg, mp 68-69°C, R_f = 0.46 : 20% ethyl acetate in hexane) from combined fractions 14-25, which were eluted by 5-10% methylene chloride in hexane. Compound 1 was provento be as octadecanoic acid by comparison of its physical properties and spectral data[5] with those of an authentic sample. The spectral data of compound 1 are as follows. The IR spectrumm ν_{max} KBr,cm^{-1} : 2500-3300 (br), 2930 (s), 2640 (s), 1698 (s) 1464 (m), and 935 (w). The ^{1}H NMR spectrum, 200 MHz, $CDCl_3$, δ: 0.85 (3H, t), 1.25 (28 H, s), 1.65 (2H, m), 2.35 (2H, t) and 10.60 (1H, br, COOH). The ^{13}C NMR spectrum, 50 MHz, $CDCl_3$, δ (ppm) : 13.93 (CH_3), 22.52, 24.52, 28.91, 29.10, 29.21, 29.22, 29.44, 29.55, 31.79, 33.79 and

179.79 (COOH). The MS EI, m/e : 284 (M^+, $C_{18}H_{36}O_2$), 256 (M^+-28, $-CH_2-CH_2$), 241 (M^+-43,$-C_3H_7$), 129 (M^+-155, $-C_{11}H_{23}$), 73 (base peak, $C_3H_5O_2$) and 60 (C_2H_4O). Isolation of Stigmasterol, (2) Compound 2 was isolated from fractions 33-37 which were eluted with 25% methylene chloride in hexane as a colorless needles (120 mg, R_f = 0.55 : 20% ethyl acetate in hexane, mp 168-170 °C). It gave a positive test to the Liebermann-Burchard reagent. Compound 2 was then identified as stigmasterol according to IR, ^1H NMR, ^{13}C NMR, R_f on TLC, and mix-mp comparison with those of an authentic specimen (obtained from Sigma chemical company). The spectral data of compound 2 are as follows. The IR spectrum ν_{max} KBr, cm^{-1} : 3039-3650 (br, ν_{O-H}), 2932 (s), 2852 (m), 1462 (m), 1379 (m), 1048 (m), and 965 (w). The ^1H NMR spectrum, 200 MHz, $CDCl_3$, δ : 0.67 (3H, s), 0.74-2.25 (m), 3.55 (1H, m), 5.05 (2H, m), and 5.35 (1 H, d). The ^{13}C NMR spectrum, 50 MHz, $CDCl_3$, δ (ppm): 37.12 (C-1), 31.74(C-2), 71.77 (C-3), 42.25 (C-4), 140.90 (C-5), 121.80 (C-6), 31.74 (C-7), 31.74(C-8),50.10 (C-9), 36.37 (C-10), 21.04 (C-11), 39.60(C-12), 42.10 (C-13), 56.78 (C-14), 24.30 (C-15), 28.77 (C-16), 56.01 (C-17), 12.20 (C-18), 19.22 (C-19), 40.45 (C-20), 21.10 (C-21), 138.49 (C-22), 129.40 (C-23), 51.15 (C-24), 31.90 (C-25), 19.01 (C-26), 21.13 (C-27), 25.39 (C-28), and 12.01 (C-29). The MS spectrum EI, m/e : 412 (M^+, $C_{29}H_{48}O$), 394, 300, 273, 255, 213, and 159.6.

Isolation of Betulinic Acid, (3)

Compound 3 was obtained as white needles (400 mg, R_f = 0.4: 10% methanol in chloroform, mp 315-318 °C) from fractios 105-123. It developed a violet color upon treatment with the Liebermann-Burchard reagent. Compound 3 and authentic betulinic acid (obtained from Aldrich chemical company) showed the identical R_f on TLC and gave no depression of melting point for mix-mp. The spectrum data of compound 3 are as follows. The IR spectrum ν_{max} KBr, cm^{-1}: 3092-3413 (br, ν_{O-H}), 2932 (s), 2852 (m), 1684 (s, $\nu_{C=0}$), 1635 (m, $\nu_{C=C}$), 1041 (m, $\nu_{c=0}$), and 878 (m, δ_{C-H} of terminal methylene group). The ^1H NMR spectrum, 200 MHz, DMSO-d_6, δ: 0.70, 0.78, 0.85, 0.85, 0.93 (15 H, s each, $5CH_3$), 1.00-2.20 (protons of triterpenoid skeleton, m), 1.65 (3H, s), 2.88 (1H, m), .55-4.68 (2H, d, =2Hz $C=CH_2$), and 12.50 (1H, s, COOH). The ^{13}C NMR spectrum, 50 MHz, DMSO-d_6, δ (ppm) : 38.6 (C-1), 27.2 (C-2), 77.5 (C-3), 38.9 (C-4), 54.5 (C-5),

17.9 (C-6), 34.0 (C-7) 40.8 (C-8), 50.6 (C-9), 37.6 (C-10), 20.5 (C-11), 25.1 (C-12), 38.0 (C-13), 42.1 (C-14), 30.6 (C-15), 32.0 (C-16), 55.7 (C-17), 48.0 (C-18), 49.8 (C-19), 150.6 (C-20), 30.0 (C-21), 36.7 (C-22), 28.1 (C-23), 15.7(C-24), 15.8 (C-25), 15.9 (C-26), 14.4 (C-27), 178.2 (C-28), 109.9 (C-29), and 18.0 (C-30). The MS spectrum EI, m/e, (rel. int.) : 456 (7, M^+, $C_{30}H_{48}O_3$), 438 (3, M^+-18), 207 (51), and 189 (100, base peak).

Isolation of Pinoresinol Diacetate, (4)

Compound 4, was isolated fromacetylation of fractions105-123 as colorless crystals (100 mg, mp (165-167 °C). Compound 4 was identified as pinoresinol diacetate by comparison of the melting point and the ^{1}H NMR, ^{13}C NMR, and MS spectral data with published data[6-9] of authentic sample. The spectral data of compound 4 are as follows. The IR spectrum ν_{max} KBr, cm^{-1}: 2925 (w), 2851 (w), 1748 (s, $\nu_{C=O}$), 1601, 1508 (m, $\nu_{C=C}$ of aromatic), 1217, and 1057 (s, m, δ_{C-O-C} of acetate). The ^{1}H NMR spectrum, 200 MHz, $CDCl_3$, : 2.31 (6H, s, 2Ac), 3.06 (2H, br, 1-H, 5-H), 3.82 (6H, s, $2OCH_3$), 3.91 (2H, d of d, endo-4-H, endo-8-H), 4.28 (2H, m, exo-8-H), 4.75 (2H, d, 2-H, 6-H) and 6.95 (6H, m, 2 trisubstituted benzenes). The ^{13}C NMR spectrum, 50 MHz, $CDCl_3$, δ(ppm) :54.3 (C-1), 85.5 (C-2) 72.0 (C-4), 54.3 (C-5), 85.5 (C-6), 72.0 (C-8), 139.2 (C-1'), 109.9 (C-2'), 151.4 (C-3'), 140.2 (C-4'),122.9 (C-5'), 118.0 (C-6'), 55.8 (OCH_3), 20.5 (O=C-$\underline{CH_3}$), and 169.3 (C=0). The HRMS spectrum EI, m/e (rel. int.) : 442.4670 (6, M^+, $C_{24}H_{26}O_8$, 442.4700), 400 (41, M^+-42, $C_{22}H_{24}O_7$), 358 (50, M^+-42-42, $C_{20}H_{22}O_6$), and 151 (100, base peak, $C_8H_7O_3$).

Investigation of Fraction B

The polar fraction, fraction B (ethanol extract 77g), was separated by silica gel column chromatography. Elution with 5% methylene chloride in hexane and increasing the polarity with methylene chlorine and methanol gave a total of 150 fractions with 1000 mL of solvent for each fraction. Three pure compounds were isolated and identified.

Isolation of Vanillin, (5)

Combined fractions 22-42 (eluted by 35% methylene chloride in hexane) was further separated by a chromatotron and Compound 5 was obtained as colorless crystals

(200 mg, mp 79-80°C) with a vanilla odor. The R_f value on TLC and IR spectrum of compound 5 and an authentic vanillin were in good agreement. The spectral data of compound 5 are as follows. The IR spectrum ν_{max} KBr, cm^{-1} : 2932-3573 (br, ν_{O-H}), 1695 (s, $\nu_{C=O}$), 1585, 1505, 1462, and 1425 (m, $\nu_{C=C}$ of aromatic). The ^1H NMR spectrum, 200 MHz, $CDCl_3$, δ : 3.9 (3H, s, OCH_3), 6.2 (1H, br, aromatic OH), 7. 0 (1H, d, aromatic H), 7.4 (2H, m, aromatic H), and 9.8 (1H, s, -CHO). The ^{13}C NMR spectrum, 50 MHz, $CDCl_3$, δ (ppm): 56.0 (OCH_3),108.8 (C-2), 114.5 (C-5), 127.7 (C-6), 129.9 (C-1), 147.4 (C-3), 151.9 (C-4), and 191.3 (C=0). The MS spectrum EI,m/e : 152 (M^+, $C_8H_8O_3$), 151 (M^+-H), 137 (M^+-CH_3), 123 (M^+-CHO), 109, 95, and 81.

Isolation of Gallic Acid, (6)

Combined fractions 108-119 (eluted with 90% methylene chloride inhexane) was further separated on a chromatotron to yield compound 6 as white crystals (200 mg, mp 249-250 °C) after recrystallization from 10% methanol in chloroform. It gave no depression of melting point on mix-mp, and also gave a identical R_f value on TLC with authentic gallic acid (obtained from Sigma chemical company). The spectral data of compound 6 are as follows. The IR spectrum ν_{max} KBr, cm^{-1}: 3020-3490 (br, ν_{O-H}), 1691 (s, $\nu_{C=O}$), 1611, 1531 and 1447 (m, $\nu_{C=C}$ of aromatic), and 1244 (s, ν_{C-O}). The ^1H NMR spectrum 200 MHz, CD_3OD, δ: 7.04 (s, aromatic protons). The ^{13}C NMR spectrum 50 MHz, CD_3OD, δ(ppm): 122.1 (C-O), 110.5 (C-2), 146.6 (C-3), 139.8 (C-4), and 170.8 (C=0). The HRMS spectrum EI, m/e (rel. int) : 170.0215 (100, M^+, $C_7H_6O_5$, found 170.1228), 153.0188 (76, M^+-OH), and 125 (12, M^+-COOH).

Isolation of scyllo-Quercitol, (7)

Combined fractions 129-135 (eluted with 5% methylene chloride in hexane) yielded compound 7 as white pale needles (100 mg, mp 232-234 °C) upon recrystallization with 30% aq. methanol. It was soluble only in water. The comparison of melting point and spectral data (IR, ^1H NMR, and ^{13}C NMR of compound 7 with those of published literature [10-13] data for scyllo quercitol are in good agreement. The spectral data of compound 7 are as follows. The IR spectrum ν_{max} KBr, cm^{-1}: 3200-3600 (br, ν_{O-H}), 1106, 1038, 990, and 940. The ^1H NMR spectrum, 200 MHz, D_2O, δ : 1.48 (1H, q, J = 12Hz), 2.08 (1H, d of t, J=12Hz, 4Hz), 3.18 (2H, m), 3.44 (2H, m), and 4.69 (1H, m). The ^{13}C NMR spectrum 50 MHz, D_2O, δ(ppm) : 37.53, 69.51, 75.02, and 77.81.

ACKNOWLEDGEMENT

This investigation was supported by funds from the National Science Foundation INT-8202732, USA.

REFERENCES

1. Candolle, A.P. *Prodr.* **1824-73**, 15(2), 219-220.
2. Kinghorn, A.D. *Planta Med.* **1985**, 346-347.
3. Kinghorn, A.D. *J. Chem. Research.* **1986**, 454-455.
4. MacRae, W.D.; Hudson, J.B.; Towers, G.H.N. *J Ethopharmacology* **1988**, 22, 223-226.
5. Weast, R.C.; Grasselli, J.G. *Handbook of Data on Organic Compounds,* 2nd ed, CRC Press, **1989**; vol VI, 17393.
6. Kudo, K.; Nohara, T. *Planta Med.* **1980**, 40, 250-261.
7. Velde, V.V.; Lavie, D. *J.C.S. Perkin Trans I* **1984**, 1159-1163.
8. Cooper, R.; Gottlier, H.E.; Lavie, D.; Lery, E.C. *Tetrahedron* **1979**, 35, 861-868.
9. Duffied A.M. *J heterocyclic chem.* **1967**, 4, 16-22.
10. MaCasland, G.E.; Horswill, E.C. *J. Am. Chem. Soc.* **1953**, 75,4020-4026.
11. MaCasland, G.E.; Naumann, M.O.; Durham, L.J. *J. Org. Chem.* **1969**, 34(5), 1382.
12. Angyal, S.J.; Odier, L. *Carbohydr. Res.* **1982**, 100, 43-54.
13. Nishimura, H.; Nonaka, G.; Nishioka, I. *Phytochemistry* **1986**, 25(11), 2599-2604.

ว.วิทย. มข. 20(1) : 16 - 21

เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้

(Factorizable Semigroups)

ประกิต จำปาชนม์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาคณิตศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

เราเรียกเซมิกรุป S ว่าเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้าย (เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางขวา) ถ้ามีกรุปย่อย G ของ S ซึ่งทำให้ S = GE(S) (S = E(S)G) โดยที่ E(S) เป็นเซตของไอเดมโพเทนต์ ทั้งหมดของ S และเรียกเซมิกรุป S ว่าเป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ ถ้า S เป็นทั้งเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้ายและเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางขวา

ในงานวิจัยนี้เราให้ลักษณะของเซมิกรุปของการแปลงที่แยกแฟกเตอร์ได้ดังต่อไปนี้ ถ้า S เป็นเซมิกรุปของการแปลงบางส่วนบนเซต X หรือเป็นเซมิกรุปของการแปลงบนเซต X แล้ว S จะแยกแฟกเตอร์ได้ ก็ต่อเมื่อ X เป็นเซตจำกัด

Abstract

We call a semigroup S is left [right] factorizable if there exists a subgroup G of S such that S = GE(S) [S = E(S)G] where E(S) is the set of all idempotents of S. A semigroup S is factorizable if S is both left and right factorizable.

In this research we characterize factorizable transformation semigroups as follows : If S is the partial transformation semigroup on a set X or the full transformation semigroup on a set X, then S is factorizable if and only if X is finite.

1. บทนำ

ในปี ค.ศ. 1974 Chen และ Hsieh [1] ได้ศึกษา เซมิกรุปผกผันที่แยกแฟกเตอร์ได้ และในปี ค.ศ. 1979 ยุพาภรณ์ ถิระศุภะ [4] และ ค.ศ. 1981 ยุพาภรณ์ เข็มประสิทธิ์ [3] ได้ศึกษาเซมิกรุปของการแปลงที่แยกแฟกเตอร์ได้ ซึ่งงานวิจัยทั้งสามชิ้นนั้นศึกษาการแยกแฟกเตอร์ได้เฉพาะในกรณีที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้ายเท่านั้น ในกรณีทั่ว ๆ ไปเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้ายไม่จำเป็นต้องเป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ เช่น ถ้า S เป็นเซมิกรุปเชิงศูนย์ทางขวาที่มีจำนวนสมาชิกมากกว่า 1 สมาชิก จะเป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้ายเพียงอย่างเดียว แต่จะไม่เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางขวา ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยจะศึกษาคุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ พร้อมทั้งตัวอย่าง สำหรับทฤษฎีหลักของงานวิจัยนี้จะอยู่ในหัวข้อที่ 3 ซึ่งเป็นการให้เงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอของเซมิกรุปของการแปลงบนเซต X ที่ทำให้เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้

2. เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้

ในหัวข้อนี้จะศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้

เซมิกรุป S จะเรียกว่า***เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้าย*** ถ้ามีกรุปย่อย G ของ S ที่ S = GE(S) เมื่อ E(S) คือเซตของไอเดมโพเทนต์ของ S และเซมิกรุป S จะเรียกว่า ***เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางขวา*** ถ้ามีกรุปย่อย N ของ S ที่ S = E(S)N และเซมิกรุป S จะเรียกว่า***เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้*** ถ้า S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทั้งทางซ้ายและทางขวา นั่นคือเซมิกรุป S จะแยกแฟกเตอร์ได้ ถ้ามีกรุปย่อย G และ N ของ S ที่ S = GE(S) = E(S)N โดยที่ E(S) คือเซตของไอเดมโพเทนต์ของ S

จากนิยามของเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ จะเห็นได้โดยง่ายว่า ทุกกรุปเป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ และถ้า S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้แล้ว S จะเป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้าย แต่บทกลับไม่จริง กล่าวคือ เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้ายไม่จำเป็นต้องเป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้า S เป็นเซมิกรุปเชิงศูนย์ทางขวา ที่มีจำนวนสมาชิกมากกว่า 1 สามารถแสดงได้โดย ง่ายว่า S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางซ้าย แต่ไม่เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ทางขวา นั่นคือ S ไม่เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้

ทฤษฎีบท 2.1 ถ้า S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้เป็น $S = GE(S) = E(S)N$ แล้ว S จะมีเอกลักษณ์ 1 และ $1 = 1_G = 1_N$ เมื่อ 1_G และ 1_N คือเอกลักษณ์ของกรุป G และ N ตามลำดับ

พิสูจน์ ให้ S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้เป็น $S = GE(S) = E(S)N$ สำหรับบางกรุปย่อย G และ N ของ S และ E(S) เป็นเซตของไอเดมโพเทนต์ของ S ให้ $s \in S$ จะได้ว่า $s = ge$ สำหรับบางค่า $g \in G$ และ $e \in E(S)$ และทำให้ $1_G s = 1_G ge = ge = s$ นั่นคือ 1_G เป็นเอกลักษณ์ทางซ้ายของ S ทำนอง เดียวกัน เราจะได้ว่า 1_N เป็นเอกลักษณ์ทางขวาของ S ทำให้ $1_G = 1_G 1_N = 1_N$

นั่นคือ $1_G = 1_N = 1$ เป็นเอกลักษณ์ของ S ❑

ทฤษฎีบท 2.2 เซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ จะเป็นเซมิกรุปปรกติ

พิสูจน์ ให้ S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้เป็น $S = GE(S) = E(S)N$ ให้ $x \in S$ ดังนั้น $x = en$ สำหรับบางค่า $e \in E(S)$ และ $n \in N$ โดยทฤษฎีบท 2.1 จะได้ $e1_N = e$ และ $xn^{-1}ex = en(n^{-1}e)en = e1_N en = een = en = x$ ดังนั้น S เป็นเซมิกรุปปรกติ ❑

ทฤษฎีบทต่อไป จะแสดงว่า ถ้า S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้เป็น $S = GE(S) = E(S)N$ แล้ว $G = N$ เป็นกรุปย่อยหนึ่งหน่วยของ S

ทฤษฎีบท 2.3 ถ้า S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้เป็น $S = GE(S) = E(S)N$ แล้ว $G = N$ เป็นกรุปย่อยหนึ่งหน่วยของ S

พิสูจน์ ให้ S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้เป็น $S = GE(S) = E(S)N$ โดยทฤษฎีบท 2.1 จะได้ว่า S มีเอกลักษณ์ $1 = 1_G = 1_N$ ให้ H เป็นกรุปย่อยหนึ่งหน่วยของ S ดังนั้น H มี 1 เป็นเอกลักษณ์ เนื่องจากกรุปย่อยหนึ่งหน่วย H เป็นกรุปย่อยที่ใหญ่สุดเฉพาะกลุ่มที่มี 1 เป็นเอกลักษณ์ จะได้ว่า $N \subseteq H$ และ $G \subseteq H$ ต่อไปจะแสดงว่า $N = H$ ให้ $x \in H$ เนื่องจาก $H \subseteq S = E(S)N$ จะได้ว่า $x = fn$ สำหรับบางค่า $f \in E(S)$ และ $n \in N$ ซึ่งทำให้ $f = f1 = fnn^{-1} = xn^{-1}$ แต่ x และ n^{-1} เป็นสมาชิก ของ H ทำให้ $f \in H$ เนื่องจาก H เป็นกรุปที่มี 1 เป็นเอกลักษณ์ ทำให้ $f = 1$ ดังนั้น $x = fn = 1n = n \in N$ นั่นคือ $N = H$ ทำนองเดียวกันเราสามารถพิสูจน์ได้ว่า $G = H$

ดังนั้น $G = N = H$ เป็นกรุปย่อยหนึ่งหน่วยของ S ❑

ตัวอย่างที่สำคัญของเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ จะอยู่ในหัวข้อที่ 3 สำหรับทฤษฎีบทต่อไปจะเป็นตัวอย่างอีกตัวอย่างหนึ่งของเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้

ทฤษฎีบท 2.4 ถ้า S เป็นเซมิกรุปแถบ แล้ว S จะแยกแฟกเตอร์ได้ ก็ต่อเมื่อ S มีเอกลักษณ์

พิสูจน์ เนื่องจากทุกสมาชิกของเซมิกรุปแถบจะเป็นไอเดมโพเทนต์ ดังนั้น $S = E(S)$ จากทฤษฎีบท 2.1 จะได้ว่า ถ้า S แยกแฟกเตอร์ได้แล้ว S จะมีเอกลักษณ์ และถ้า S มีเอกลักษณ์ 1 จะได้ว่า

$S = E(S) = E(S)\{1\} = \{1\}E(S)$ ซึ่ง $\{1\}$ เป็นกรุปย่อยของ S ดังนั้น S เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ ❑

บทแทรก 2.5 ถ้า S เป็นเซมิแลตทิซ แล้ว S จะแยกแฟกเตอร์ได้ ก็ต่อเมื่อ S มีเอกลักษณ์

บทแทรกนี้เป็นจริงเนื่องจากทุกเซมิแลตทิซ เป็นเซมิกรุปแถบ ❑

บทแทรก 2.6 ถ้า S เป็นเซมิกรุปเชิงศูนย์ทางซ้ายหรือเซมิกรุปเชิงศูนย์ทางขวาแล้ว S จะแยกแฟกเตอร์ได้ ก็ต่อเมื่อ $|S| = 1$

พิสูจน์ บทแทรกนี้เป็นจริง จากทฤษฎีบท 2.4 และคุณสมบัติของเซมิกรุปเชิงศูนย์ทางซ้าย และเซมิกรุปเชิงศูนย์ทางขวาที่ว่า เซมิกรุปเชิงศูนย์ทางซ้าย และเซมิกรุปเชิงศูนย์ทางขวา เป็นเซมิกรุปแถบ และจะมีเอกลักษณ์ ก็ต่อเมื่อ $|S| = 1$ ❑

3. เซมิกรุปของการแปลง

จากหัวข้อที่ 2 จะเห็นว่าถ้าเซมิกรุป S แยกแฟกเตอร์ได้เป็น $S = GE(S) = NE(S)$ แล้ว $G = N$ เป็นกรุปย่อยหนึ่งหน่วยของ S ที่มี 1 เป็นเอกลักษณ์ ในกรณีของเซมิกรุปของการแปลงบางส่วนบนเซต $\mathbf{X}$ P_X หรือ เซมิกรุปของการแปลงเต็มบนเซต $\mathbf{X}$ T_X นั้นจะได้ว่ากรุปย่อยหนึ่งหน่วยของ P_X และ T_X คือกรุปการเรียงสับเปลี่ยน G_X บนเซต $\mathbf{X}$ ดังนั้น ถ้า S เป็นเซมิกรุปการแปลง P_X หรือ T_X แล้ว S จะแยกแฟกเตอร์ได้ ก็ต่อเมื่อ $S = E(S)G_X = G_X E(S)$

ในหัวข้อนี้เราจะศึกษาเงื่อนไขของเซมิกรุปของการแปลงบนเซต $\mathbf{X}$ ที่ทำให้เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้

ทฤษฎีบท 3.1 เซมิกรุปของการแปลงบางส่วนบนเซต $\mathbf{X}$ P_X จะแยกแฟกเตอร์ได้ก็ต่อเมื่อ $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด

พิสูจน์ สมมติให้ $P_{\underline{X}}$ เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ จะได้ว่า $P_{\underline{X}} = E(P_{\underline{X}})G_{\underline{X}} = G_{\underline{X}}E(P_{\underline{X}})$ เมื่อ $G_{\underline{X}}$ คือ กรุปของการเรียงสับเปลี่ยนบนเซต X จะแสดงว่า X เป็นเซตจำกัด สมมติว่า X เป็นเซตอนันต์ ให้ $a \in X$ ดังนั้น จะมีการแปลงบางส่วนแบบหนึ่งต่อหนึ่ง α ของเซต X ซึ่ง $\Delta\alpha = X$ และ $\nabla\alpha = X - \{a\}$ เมื่อ $\Delta\alpha$ คือโดเมนของ α และ $\nabla\alpha$ คือเรนจ์ของ α เนื่องจาก $\alpha \in P_{\underline{X}} = E(P_{\underline{X}})G_{\underline{X}}$ จะได้ว่า $\alpha = \gamma\beta$ สำหรับบาง $\gamma \in E(P_{\underline{X}})$ และ $\beta \in G_{\underline{X}}$ และ α เป็นการแปลงแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ทำให้ได้ว่า γ เป็นการแปลงแบบหนึ่งต่อหนึ่งด้วย และเนื่องจาก $\Delta\alpha \subseteq \Delta\gamma$, จะทำให้ $\Delta\gamma = \mathbf{X}$ สำหรับ x ที่เป็นสมาชิกใด ๆ ของ $\Delta\gamma = \mathbf{X}$ จะได้ว่า $(x\gamma)\gamma = x\gamma$ แต่ γ เป็นการแปลงแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ทำให้ได้ว่า $x\gamma = x$ สำหรับทุก $x \in \Delta\gamma$ นั่นคือ γ เป็นการแปลงเอกลักษณ์ของ $P_{\underline{X}}$ ซึ่งทำให้ $\alpha = \gamma\beta = \beta \in G_{\underline{X}}$ ขัดแย้งกับที่ว่า $\nabla\alpha = X - \{a\}$ ดังนั้น $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด

สมมติให้ $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด โดยทฤษฎีบท 3.1 ใน [4] จะได้ว่า $P_{\underline{X}} = G_{\underline{X}}E(P_{\underline{X}})$ ต่อไปจะแสดงว่า $P_{\underline{X}} = E(P_{\underline{X}})G_{\underline{X}}$ ให้ $\alpha \in P_{\underline{X}}$ สำหรับแต่ละ $a \in \nabla\alpha$ ให้ d_a เป็นสมาชิกใน $a\alpha^{-1}$ เนื่องจาก $\{a\alpha^{-1} \mid a \in \nabla\alpha\}$ เป็นผลแบ่งกั้นของ $\Delta\alpha$ จะกำหนดการส่ง $\gamma : \Delta\alpha \to \{d_a \mid a \in \nabla\alpha\}$ โดย $x\gamma = d_a$ ถ้า $x \in a\alpha^{-1}$ เห็นได้โดยง่ายว่า $\nabla\gamma = \{d_a \mid a \in \nabla\alpha\} \subseteq \Delta\gamma$ และสำหรับแต่ละ d_a, $a \in \nabla\alpha$ $d_a\gamma = d_a$ นั่นคือ γ เป็นไอเดมโพเทนต์ของ $P_{\underline{X}}$ เนื่องจากว่าสำหรับ $a,b \in \nabla\alpha$ ถ้า $a \neq b$ แล้ว $d_a \neq d_b$ และ $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด จะได้ว่า $|\mathbf{X} - \{d_a \mid a \in \nabla\alpha\}| = |\mathbf{X} - \nabla\alpha|$ ซึ่งทำให้มีการส่งแบบหนึ่งต่อหนึ่ง φ จาก $\mathbf{X} - \{d_a \mid a \in \nabla\alpha\}$ ไปทั่วถึง $\mathbf{X} - \nabla\alpha$ กำหนดการส่ง $\beta : \mathbf{X} \to \mathbf{X}$ โดย

$$x\beta = \begin{cases} a & \text{ถ้า } x = d_a \text{ บางค่า } a \in \nabla\alpha \\ x\varphi & \text{ถ้า } x \notin \{d_a \mid a \in \nabla\alpha\} \end{cases}$$

ซึ่งได้ว่า $\beta \in G_{\underline{X}}$ และ $\Delta\gamma\beta = (\nabla\gamma \cap \Delta\beta)\gamma^{-1} = (\nabla\gamma)\gamma^{-1} = \Delta\gamma = \Delta\alpha$ ซึ่งถ้า $x \in \Delta\alpha = \Delta\gamma\beta$ จะได้ว่า $x \in a\alpha^{-1}$ บางค่า $a \in \nabla\alpha$ และ $x\gamma\beta = d_a\beta = a = x\alpha$ ซึ่งทำให้ $\alpha = \gamma\beta \in E(P_{\underline{X}})G_{\underline{X}}$ นั่นคือ $P_{\underline{X}} \subseteq E(P_{\underline{X}})G_{\underline{X}}$ ทำให้ $P_{\underline{X}} = E(P_{\underline{X}})G_{\underline{X}}$ เพราะฉะนั้น $P_{\underline{X}}$ เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ □

ทฤษฎีบท 3.2 เซมิกรุปของการแปลงเต็มบนเซต $\mathbf{X}$ $T_{\underline{X}}$ แยกแฟกเตอร์ได้ก็ต่อเมื่อ $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด

พิสูจน์ สมมติให้ $T_{\underline{X}}$ เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ โดยทฤษฎีบท 2.3 จะได้ $T_{\underline{X}} = E(T_{\underline{X}})G_{\underline{X}}$ จะแสดงว่า $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด สมมติว่าไม่จริง นั่นคือ $\mathbf{X}$ เป็นเซตอนันต์ ให้ $a \in X$ จะได้ว่า

$|\mathbf{X}| = |\mathbf{X} - \{a\}|$ ดังนั้นจะมีการส่งแบบหนึ่งต่อหนึ่ง α จาก $\mathbf{X}$ ไปทั่วถึง $\mathbf{X} - \{a\}$ เพราะฉะนั้น $\alpha \in T_{\mathbf{X}} = E(T_{\mathbf{X}})G_{\mathbf{X}}$ ซึ่งทำให้ $\alpha = \gamma\beta$ สำหรับบาง $\gamma \in E(T_{\mathbf{X}})$ และ $\beta \in G_{\mathbf{X}}$ ซึ่งจะได้ $= \alpha\beta^{-1}$ เป็นการส่งแบบหนึ่งต่อหนึ่ง และสำหรับแต่ละ $x \in \mathbf{X}, x\gamma = x\gamma^2$ และทำให้ $x = x\gamma$ นั่นคือ γ เป็นการส่งเอกลักษณ์ เพราะฉะนั้น $\alpha = \beta \in G_{\mathbf{X}}$, ซึ่งขัดแย้งกับที่ว่า $\nabla\alpha = \mathbf{X} - \{a\}$ ดังนั้น $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด

สมมติให้ $\mathbf{X}$ เป็นเซตจำกัด จะแสดงว่า $T_{\mathbf{X}} = G_{\mathbf{X}}E(T_{\mathbf{X}}) = E(T_{\mathbf{X}})G_{\mathbf{X}}$ โดยทฤษฎีบท 3.2 ใน [4] จะได้ว่า $T_{\mathbf{X}} = G_{\mathbf{X}}E(T_{\mathbf{X}})$ ต่อไปจะแสดงว่า $T_{\mathbf{X}} = E(T_{\mathbf{X}})G_{\mathbf{X}}$ ให้ $\alpha \in T_{\mathbf{X}}$ ดังนั้น $\alpha \in P_{\mathbf{X}}$ โดยทฤษฎีบท 3.1 จะได้ว่า $P_{\mathbf{X}}$ แยกแฟกเตอร์ได้ ดังนั้น $\alpha = \gamma\beta$ สำหรับบาง $\gamma \in E(P_{\mathbf{X}})$ และ $\beta \in G_{\mathbf{X}}$ ต่อไป จะแสดงว่า $\gamma \in T_{\mathbf{X}}$ เนื่องจาก $\alpha = \gamma\beta$ ดังนั้น $\gamma = \alpha\beta^{-1}$ และเพราะว่า $\nabla\beta = \Delta\beta = \mathbf{X}$ จะได้ว่า $\Delta\gamma = (\nabla\alpha \cap \Delta\beta)\alpha^{-1} = (\nabla\alpha \cap \mathbf{X})\alpha^{-1} = (\nabla\alpha)\alpha^{-1} = \Delta\alpha = \mathbf{X}$ นั่นคือ $\gamma \in T_{\mathbf{X}}$ แต่ $\gamma^2 = \gamma$ ทำให้ $\gamma \in E(T_{\mathbf{X}})$ ดังนั้น $\alpha = \gamma\beta \in E(T_{\mathbf{X}})G_{\mathbf{X}}$ นั่นคือ $T_{\mathbf{X}} \subseteq E(T_{\mathbf{X}})G_{\mathbf{X}}$ ทำให้ $T_{\mathbf{X}} = E(T_{\mathbf{X}})G_{\mathbf{X}}$ เพราะฉะนั้น $T_{\mathbf{X}}$ เป็นเซมิกรุปที่แยกแฟกเตอร์ได้ ❑

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2535 ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความสะดวกในด้านอุปกรณ์การพิมพ์ จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Chen, S.Y. and S.C. Hsieh, Factorigzable Inverse Semigroups, **Semigroup Forum** 8(1974), 283 - 297.

2. Clifford, A.H. and G.B. Preston, **The Algebraic Theory of Semigroups,** No.7, Vol. I (1961) and Vol. II (1967), Amer. Math. Soc., Providence, R.I.

3. Kemprasit, Yupaporn, A Note on Factorizable Transformation Semigrouyps, **Semigroup Forum.** 22(1981), 189-190.

4. Tirasupa, Yupaporn, Factorizable Transformation Semigroups, **Semigroup Forum,** Vol.18 (1979), 15-19.

ว.วิทย. มข. 20(1) : 22 - 28

สำนักงานอัตโนมัติ มิติใหม่ของการบริหารสำนักงาน
(Office Automation : OA)

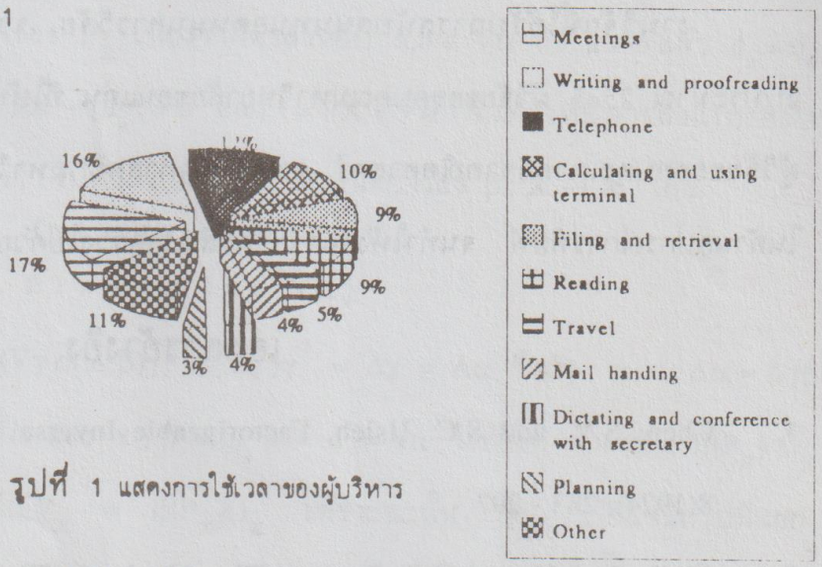
วิชุดา ไชยศิวามงคล*

บทความนี้เขียนขึ้นมาเพื่อเป็นพื้นฐานให้กับผู้ที่สนใจ ระบบ OA แต่ไม่ทราบว่ามันคืออะไรแน่ เพราะเท่าที่ผ่านมาจะพบว่าในปัจจุบันต่างคนก็ต่างเข้าใจระบบ OA แตกต่างกันไปคนละอย่าง อีกทั้งร้านค้าที่ขายเครื่องคอมพิวเตอร์หลายแห่งขึ้นป้ายโฆษณาหน้าร้านว่าร้านตัวเองจำหน่ายอุปกรณ์ที่เป็น OA เมื่อมองเข้าไปในร้านก็พบว่ามีเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น ถ้าซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์มาเพื่อใช้ประมวลผลคำ (Word Processing) จะถือว่าเป็นระบบ OA หรือไม่ท่านลองอ่านบทความต่อไปนี้แล้วลองพิจารณาดูว่า อย่างไรจึงจะเรียกว่าเป็นระบบ OA

1. ลักษณะงานโดยทั่วไปของสำนักงาน

ก่อนอื่นคงจะต้องพิจารณาก่อนว่างานในสำนักงานนั้นมีอะไรบ้าง พบว่าในระบบสำนักงานเดิมนั้นงานโดยทั่วไปเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลและข่าวสารที่เข้ามา การเก็บรักษาเอกสารข่าวสารต่าง ๆ การค้นหาเอกสาร การทำสำเนาตามความจำเป็น และการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับข้อมูล และเอกสารจำนวนมากมาย ดังนั้นในจุดต่าง ๆ ของสำนักงานจะเต็มไปด้วยเอกสาร แฟ้มข้อมูล กระดาษ โดยปริมาณจะมากตามขนาดและอายุของกิจการ ทำให้ลำบากและยุ่งยากในการค้นหาข้อมูล ซึ่งลักษณะสำนักงานดังกล่าวเป็นสำนักงานที่หย่อนประสิทธิภาพในสายตาของผู้บริหาร

ปัจจุบันข้อมูลและข่าวสารเป็นตัวสำคัญสำหรับผู้บริหารมาก ทำให้งานด้านสำนักงานต้องปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ของระบบธุรกิจที่เต็มไปด้วยการแข่งขันในระดับที่สูงขึ้น แต่เดิมนั้นผู้บริหารใช้เวลาไปกับงานด้านต่าง ๆ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการใช้เวลาของผู้บริหาร

โดยตามหน้าที่แล้วงานหลักของผู้บริหารก็คือ การวางแผน การควบคุม ติดตามงานและสั่งการ จากรูปที่ 1 พบว่าผู้บริหารใช้เวลาสำหรับงานหลักเพียง 3+4 = 7% เท่านั้น ดังนั้นผู้บริหารจำเป็นต้องหาทางลดเวลาสำหรับงานด้านอื่นลง เพื่อให้เวลากับงานที่เป็นงานหลักมากขึ้น จึงต้องมีการปรับปรุงระบบสำนักงานโดยเน้นที่การปรับปรุงสำนักงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

---

* อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ

2. ความหมายของระบบ OA

สำหรับความหมายของระบบ OA นั้น มีหนังสือหลายเล่มที่พยายามให้คำจำกัดความของระบบ OA ไว้ดังนี้

- การสร้างระบบที่ใช้ประมวลข่าวสาร ให้เป็นข่าวสารที่มีระบบ เป็นรูปแบบสามารถเก็บและเรียกนำใช้งานได้ตามความต้องการ โดยการนำเอาเทคโนโลยีมาช่วยพนักงานในสำนักงานให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทุ่นแรง และประหยัดเวลา ซึ่งจะต้องนำเอาการสื่อสารสมัยใหม่มาช่วย ประกอบกับวิธีการสร้างข้อมูล การเก็บรักษา และการนำออกมาใช้

- รวมผลิตภัณฑ์หลายชนิดเข้าระบบเดียวกัน เชื่อมต่อสัมพันธ์กันโดยใช้การสื่อสารเชื่อมโยง ซึ่งเป็นการสื่อสาร ความคิดเห็นไปสู่ผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานหลัก

- ระบบที่ใช้เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีโทรคมนาคมในการทำงานในสำนักงาน ทั้งนี้รวมถึงการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นขนาดเมนเฟรม มินิหรือไมโคร โดยที่อุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นสามารถเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ

จากความหมายข้างต้นจะเห็นว่าระบบ OA นั้นเป็นการประมวลผลข้อมูลและข่าวสารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำข่าวสารหรือสารสนเทศต่าง ๆ ให้กับผู้บริหารใช้ในการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วและทันการณ์ โดยการนำเอาเทคโนโลยีและเทคนิคในการประมวลผลข้อมูลทางด้านต่าง ๆ เข้ามาใช้ เช่น ไมโครอิเลคทรอนิกส์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีโทรคมนาคม เป็นต้น ซึ่งมีสิ่งหนึ่งที่ขาดไม่ได้ก็คือจะต้องนำเทคโนโลยีต่าง ๆ ทั้งหมดมาเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบนั่นคือ จะต้องมีการสื่อสารเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยแน่นอน และการสื่อสารนี้ก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ระบบ OA ขาดไม่ได้เช่นกัน

3. วัตถุประสงค์หลักในการนำระบบ OA มาใช้ในสำนักงาน

จากลักษณะงานในสำนักงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ผู้บริหารต้องการจะปรับปรุงการบริหารสำนักงานใหม่ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยลดภาระงานด้านธุรการให้กับผู้บริหารเอง จัดหาข่าวสารที่มีประสิทธิภาพ และลดงานด้านธุรการให้แก่เลขานุการ นอกจากความต้องการดังกล่าวแล้วยังมีเหตุผลหรือวัตถุประสงค์อื่น ๆ อีกดังนี้

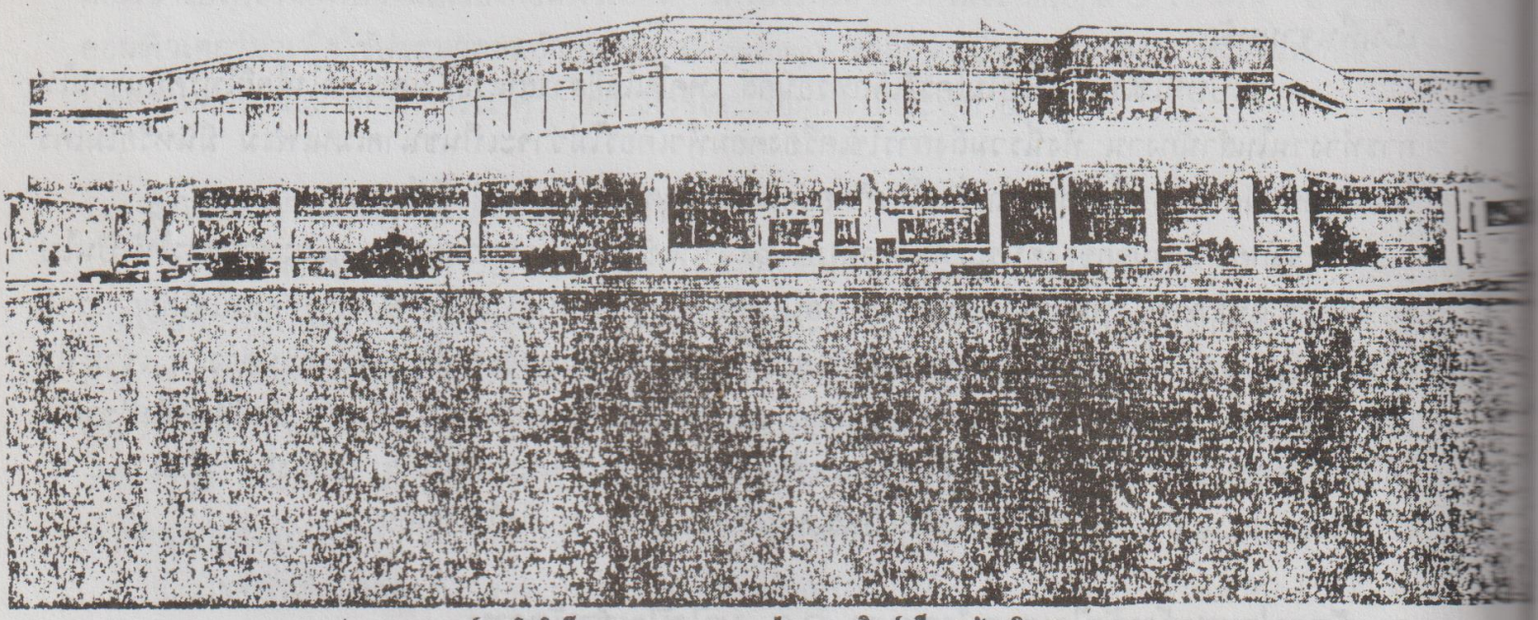
- เพื่อการแข่งขัน ซึ่งการแข่งขันนั้นเป็นปัจจัยสำคัญตัวหนึ่ง ที่ทำให้มีการพัฒนาระบบบริหารสำนักงาน เพราะจะสะท้อนให้เห็นสภาวะของกิจการ โดยที่เมื่อมีการพัฒนาและนำระบบ OA มาใช้ในสำนักงานแล้วควรจะลดต้นทุนของกิจการได้ด้วย

- เพื่อชื่อเสียง การใช้เทคโนโลยีชั้นสูงจะทำให้สำนักงานเป็นที่น่าสนใจ น่าเชื่อถือ และได้รับความไว้วางใจจากบุคคลภายนอก

- เพื่อเป็นผู้นำในด้านเทคโนโลยี สำนักงานใดถ้าไม่มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีย่อมเป็นสำนักงานล้าหลังและขาดประสิทธิภาพในการดำเนินงานแต่การพัฒนาสำนักงานให้เป็นระบบ OA นั้นจะต้องมีการวาง ระบบที่เหมาะสม ธนาคารไทยพาณิชย์เป็นตัวอย่างที่ดีในเรื่องนี้ เช่นในปี 2526 ได้เริ่มนำบริการเงินด่วน ATM มาบริการลูกค้าเป็นแห่งแรกในไทย ตามด้วยบริการทางโทรศัพท์ (Tele Banking Services) ในปี 2527 เป็นแห่งแรกในไทยเช่นกัน ทำให้ธนาคารคู่แข่งรายอื่นต้องทุ่มเทพัฒนาเทคโนโลยีให้ทัดเทียมธนาคารไทยพาณิชย์อย่างเลี่ยงไม่ได้ และขณะนี้ธนาคารไทยพาณิชย์ได้ก้าวไปอีกระดับหนึ่งคือ ก่อตั้ง **ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ** โดยมีวัตถุประสงค์อยู่ 5 ข้อได้แก่

1. เป็นศูนย์สำรองคอมพิวเตอร์
2. เป็นศูนย์บริการระบบงานลูกค้า
3. เป็นตึกอัจฉริยะ (Intelligent Building)
4. เป็นศูนย์วิจัยเทคโนโลยีทางการธนาคาร
5. เป็นศูนย์บริการทางธุรกิจ

ซึ่งได้เปิดศูนย์ดังกล่าวอย่างเป็นทางการแล้วเมื่อ 31 สิงหาคม 2535 นี้เอง



อาคารส่วนกลาง ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ ธนาคารไทยพาณิชย์ ตึก "อัจฉริยะ"

- เพื่อลดต้นทุนของกิจการ ต้นทุนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ผู้บริหารคำนึงถึง ถ้าลดต้นทุนได้มาก นั่นคือผลตอบแทนที่ได้รับจะเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงความสะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลา และความถูกต้อง

- เพื่อสนองความต้องการของพนักงาน ระบบ OA นั้นยังต้องอาศัยพนักงานอยู่ แต่พนักงานเหล่านั้นจะต้องมีประสิทธิภาพ และความชำนาญเฉพาะด้านมากขึ้น เมื่อใดก็ตามที่พนักงานคุ้นเคยกับอุปกรณ์ OA และเห็นประโยชน์จากอุปกรณ์เหล่านี้แล้ว พนักงานจะมีความรู้สึกว่าขาดอุปกรณ์เหล่านี้ไม่ได้

- เพื่อพัฒนาคุณภาพในการทำงาน ปัจจุบันสำนักงานส่วนใหญ่จะใช้เครื่องประมวลในการจัดทำเอกสาร ถึงแม้ว่าเครื่องเหล่านี้จะไม่ช่วยลดต้นทุน แต่คุณภาพงานพิมพ์ที่ออกมาทำให้ผู้บริหารพอใจมาก เช่น วาดภาพ ทำตาราง จัดรูปเอกสาร เป็นต้น

- เพื่อพัฒนาคุณภาพของข้อสนเทศ ถ้าเชื่อมโยงระบบ OA เข้ากับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) จะทำให้ระบบสารสนเทศของธุรกิจมีความถูกต้อง รวดเร็ว สม่ำเสมอ และทันความต้องการมากขึ้น

- เพื่อเป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ในการดำเนินธุรกิจมักจะมีปัญหาเกิดขึ้นเสมอ เนื่องจากการทำงานขาดคุณภาพ ไม่ตรงต่อเวลา ข้อสารสนเทศไม่ครบถ้วนหรือสูญหายและการมองปัญหาเฉพาะหน้า ปัญหาเหล่านี้แก้ไขได้ โดยนำเอาระบบ OA มาใช้ ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อสารสนเทศเร็วทันต่อความต้องการและถูกต้องครบถ้วน

4. ระบบงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในสำนักงานอัตโนมัติ

ถ้าจะกล่าวถึงงานที่อยู่ภายในอาคารที่เป็นระบบ OA เราสามารถแบ่งงานได้เป็น 3 ระบบย่อย ได้แก่

4.1 ระบบการจัดการเอกสาร

การจัดเอกสารนั้นจะเริ่มตั้งแต่สร้างเอกสารจนกระทั่งการทำลายเอกสาร ในปัจจุบันได้นำเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการเก็บรักษาสารสนเทศ โดยเก็บลงจานแม่เหล็กเทปแม่เหล็กหรืออุปกรณ์พวก Microfilm Microfiche เป็นต้น ทำให้เอกสารที่เป็นแผ่นกระดาษมีน้อยลง (Paperless Office) แต่ในแง่ของคนก็ยังมีทัศนคติที่ต้องการข้อมูลที่จับต้องได้ คือเป็นแผ่นกระดาษอยู่

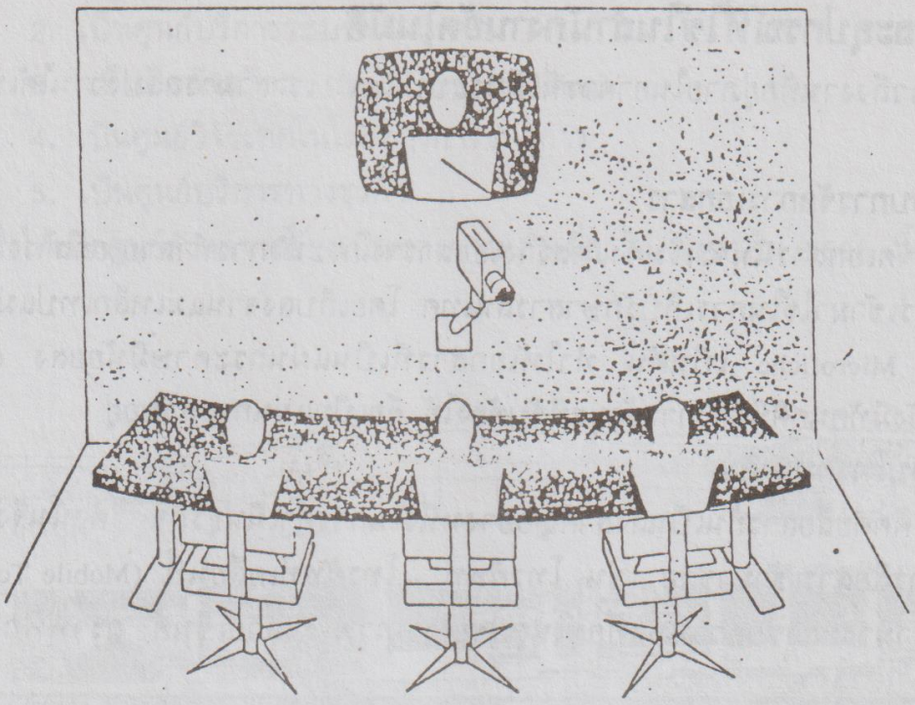
4.2 ระบบโทรคมนาคม

การติดต่อสื่อสารกันเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการดำเนินธุรกิจ ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์และเทคโนโลยีด้านการสื่อสารเข้ามาช่วย เช่น โทรศัพท์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone) โทรสาร (Facsimile) ซึ่งสามารถส่งข้อความทั้งที่อยู่ในรูปของรูปภาพ ลายเซ็นต์ กราฟฟิก และตัวอักษรได้ เป็นต้น

4.3 ระบบสนับสนุนผู้บริหาร

ระบบสนันสนุนผู้บริหารนั้นเป็นระบบหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งต่อระบบ OA สามารถแบ่งย่อยได้มากมายดังนี้

- บนโต๊ะผู้บริหารทุกคนควรมีระบบ work station ซึ่งประกอบด้วยจอภาพและแป้นพิมพ์ (Key board) หรือ เมาส์ (Mouse) เพื่อใช้ในการแสดงข้อมูล รูปภาพได้อย่างชัดเจน
- ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (MIS) เป็นระบบที่ใคร ๆ ก็อยากได้ แต่ไม่มีใครใช้ได้เต็มที่
- จากข้อมูลต่างๆในสำนักงาน ผู้บริหารควรจะเรียกใช้ระบบจัดทำกราฟและภาพประกอบได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ชัดเจน สวยงาม
- ระบบช่วยการตัดสินใจ ซึ่งจะช่วยผู้บริหารในการวิเคราะห์ และหาทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการตัดสินใจ เช่น เป็นระบบตารางคำนวณ หรือระบบยุ่งยากซับซ้อนที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ชั้นสูงในการจำลองแบบปัญหา (Simulation)
- ระบบช่วยงานประจำวัน เช่น จัดตารางนัดหมาย จัดตารางทำงาน เป็นต้น
- ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail) ซึ่งคล้ายกับเวิร์ดพรอเซสซิ่ง (Word processing) โดยประกอบด้วยเทอร์มินอลหรือคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สื่อสาร (Data communications lines) โดยทั่วไปจะทำหน้าที่รับและแสดงข้อความ การเตรียม การส่งและการจัดแฟ้มของข่าวสาร
- ระบบโทรสัมมนา (Teleconference) เป็นการใช้ระบบงานคอมพิวเตอร์ร่วมกับระบบโทรคมนาคมจัดการสัมมนาทางไกล โดยติดตั้งอุปกรณ์การส่งข่าวสารอัตโนมัติ (Electronic Transmission of Messages) ไว้ตามสถานที่ต่าง ๆ ที่จะจัดประชุม ซึ่งผู้เข้าร่วมสัมมนาจะนั่งอยู่ที่สำนักงานตัวเองหรือสถานที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว โดยไม่ต้องเสียเวลาในการเดินทาง ซึ่งสามารถมองเห็นการตอบสนองด้านกริยา ท่าทาง สีหน้าและแววตาของผู้เข้าร่วมสัมมนาได้ ดังรูปที่ 2



Teleconferencing permits face-to-face contact of staff groups over long distances for meetings and conferences without incurring travel expenses and lost time.

รูปที่ 2 แสดงรูปแบบของระบบโทรสัมมนา (Teleconference)

5. ระบบเครือข่ายกับระบบ OA

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบ OA จะต้องได้รับการเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเพื่อให้ข้อมูลสามารถ เคลื่อนไหวไปสู่ส่วนงานต่าง ๆ ได้ ซึ่งมักจะทำในรูปข่ายงาน (Network) อาจเป็นแบบ LAN หรือ VAN ก็ได้ สำหรับข่ายงานดังกล่าวมีรายละเอียดค่อนข้างมาก ผู้เขียนขออธิบายเพิ่มเติม เพื่อให้ท่านมองเห็นภาพพจน์ได้ชัดเจนขึ้นดังนี้

5.1 Local Area Network (LAN)

LAN เป็นระบบข่ายงานที่ใช้สำหรับการเชื่อมโยงอุปกรณ์ภายในอาคารเดียวกัน ดังรูปที่ 3

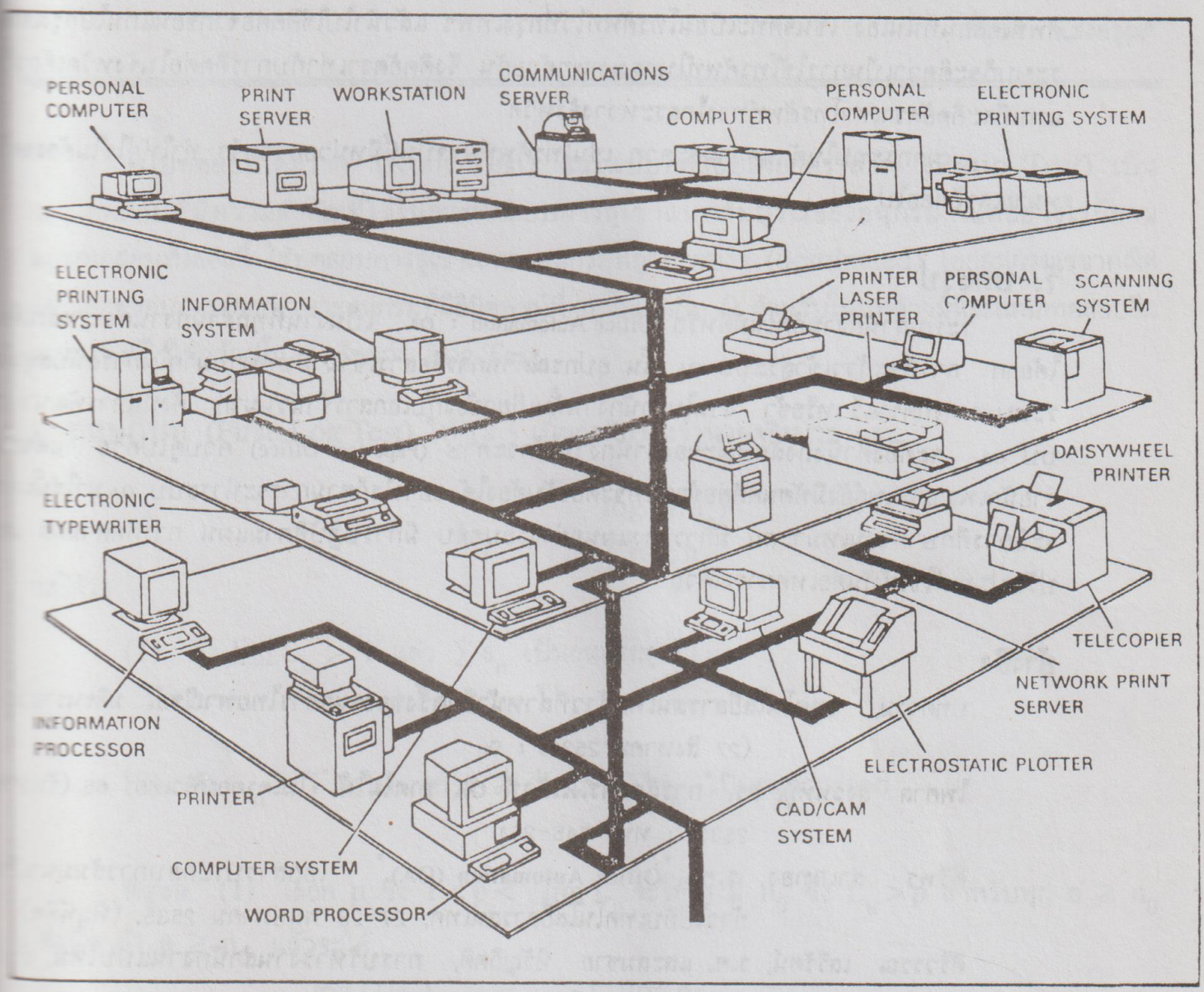
5.2 Value Added Network (VAN)

VAN เป็นระบบข่ายงานที่ทำขึ้น เพื่อนำทรัพยากรคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมกันระหว่างผู้ใช้หลายๆ หน่วยงาน โดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าจะสร้างระบบขึ้นใช้เอง เช่นใช้ VAN ในการสั่งสินค้า โดยลูกค้าสั่งซื้อสินค้าจากเครื่อง PC ของตนเอง นอกจากนั้นใช้ในการหาข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจโดยตรง เช่น ส่วนแบ่งทางตลาดของสินค้าชนิดต่างๆ เป็นต้น ปัจจุบันใช้แพร่หลายในอเมริกาและญี่ปุ่นในธุรกิจประเภท การผลิต ขายส่ง ขายปลีก บริการ การก่อสร้าง Mail service Telephone Service Videoter service และ Teleconference Service เป็นต้น

VAN จะเป็นระบบข่ายงานที่ดีมากขึ้น ถ้ามีระบบการสื่อสารที่ดี คาดว่าถ้าระบบ Integrated Serviced Digital Network (ISDN) เสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์แล้วคงจะนำความสะดวกสบายเข้ามาบริการทางด้านนี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

เมื่อกล่าวถึง ISDN แล้วขอขยายความสักนิดหนึ่งสำหรับผู้ที่สนใจ เนื่องจากการสื่อสารโดยใช้คอมพิวเตอร์นั้น มักจะส่งผ่านทางสายโทรศัพท์ ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอก ข้อเสียก็คือมักจะเกิดเสียงรบกวนในขณะที่ใช้โทรศัพท์ ทำให้ข้อมูลที่ส่งไปผิดพลาดและจะต้องส่งไปใหม่ ถ้าหันมาใช้ ISDN แล้วปัญหาเรื่องเสียงรบกวนก็จะหายไป เพราะ ISDN เป็นโปรแกรมสากลในการกำหนดมาตราฐานต่างๆ สำหรับแปลง

การส่งสัญญาณของระบบโทรศัพท์คือ จะเปลี่ยนจากวงจรส่งสัญญาณแบบอนาลอกเป็นวงจรดิจิตอลแทน



รูปที่ 3 รูปแบบหนึ่งของการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่างๆภายในสำนักงานแบบ LAN

6. ผลกระทบต่อสังคมไทย

ระบบ OA มีประโยชน์ต่อการบริหารสำนักงานมาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสังคมไทยหลายด้านด้วยเช่นกัน ดังนี้

- ผลกระทบด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งจะกระทบกับการจัดการ การคัดเลือกบุคลากร การฝึกอบรม การจัดการตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้
- ผลกระทบให้ติดต่อสื่อสารกันง่ายขึ้น คือการติดต่อภายในสำนักงาน หรือระหว่างสำนักงานง่ายและสะดวกรวดเร็วขึ้น
- ผลกระทบพนักงานต้องมีความรู้ความสามารถมากขึ้น
- ผลกระทบต่อตำแหน่งงาน พนักงานต้องศึกษาหาความรู้มากขึ้น ทำให้พนักงานได้รับตำแหน่งที่ดีขึ้นด้วย
- ผลกระทบให้ใช้คนน้อยลงหรือต้องจัดให้ทำงานชั่วคราว คืออาจจะไม่ต้องจ้างพนักงานเพิ่มแม้ว่า

งานจะมากขึ้นก็ตาม รัฐบาลจะต้องพิจารณาให้เฉลี่ยงานกันทำ

- ผลกระทบให้คนพิถีพิถันมากขึ้น เช่นการพิมพ์จดหมายจะต้องสะอาด จัดช่องไฟดี เป็นต้น
- ผลกระทบให้มีการโทรศัพท์ติดต่อระหว่างจังหวัดอย่างประหยัดมากขึ้น เนื่องจากมีการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่นั่นเอง เช่นจดทะเบียนโทรศัพท์ไว้ที่กรุงเทพฯ แล้วนำไปใช้ติดต่อจากขอนแก่นไปกรุงเทพฯ ระบบก็จะคิดว่าเป็นการใช้โทรศัพท์ในกรุงเทพฯด้วยกัน จึงคิดอัตราเท่ากับการติดต่อในจังหวัดเดียวกัน แทนที่จะคิดอัตราเท่าโทรศัพท์ทางไกลระหว่างจังหวัด
- ผลกระทบในด้านความสะดวก เช่นโทรศัพท์ปัจจุบันนี้มีหน่วยความจำ ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องจดจำหมายเลขอีกต่อไป

7. บทสรุป

ระบบสำนักงานอัตโนมัติหรือ Office Automation : OA เป็นงานที่ทุกสำนักงานคงจะหลีกเลี่ยงได้ยาก การที่จะก้าวเข้าสู่ระบบ OA นั้น อุปกรณ์ด้านการสื่อสารเข้ามามีบทบาทมากในการสนับสนุนให้ระบบ OA เกิดขึ้นเร็วหรือช้า งานในสำนักงานนั้นเกี่ยวข้องกับเอกสารจำนวนมาก ดังนั้นการพัฒนา ระบบ OA จะต้องคำนึงถึงลักษณะของสำนักงานไร้กระดาษ (Paperless Office) ควบคู่ไปด้วย แต่จะไม่ง่ายนักเพราะมนุษย์ยังมีทัศนคติต่อข้อมูลที่จะต้องจับต้องได้ อย่างไรก็ตามการจะนำระบบ OA มาใช้นั้นควรจะมีการศึกษาความเหมาะสม มีการวางแผนอย่างรอบคอบ มีการปฏิบัติตามแผน การติดตามผล และปรับปรุงแก้ไขให้ทันต่อเหตุการณ์ด้วย

อ้างอิง

บทความ, " **เทคโนโลยีสารสนเทศก้าวที่ล้ำหน้าอีกครั้งของธนาคารไทยพาณิชย์.**" มติชนรายวัน (27 สิงหาคม 2535) : 9.

ไพศาล สงวนหมู่, ดร. "**การสื่อสาร....สิ่งที่ OA ขาดไม่ได้.**" ไมโครคอมพิวเตอร์ 65 (ธันวาคม 2533) : หน้า 245-251

ศิริพร สาเกทอง, ร.ศ. "**Office Automation (OA).**" เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง ก้าวไปกับเทคโนโลยีสารสนเทศ, 27-28 พฤษภาคม 2535. (พิมพ์ดีด)

ศิริวรรณ เสรีรัตน์, ร.ศ. และสมชาย หิรัญกิตติ, **การบริหารงานสำนักงานแบบใหม่**, สำนักพิมพ์พัฒนาการศึกษา กรุงเทพ.

ศรีศักดิ์ จามรมาน, ศ.ดร. และสิริอร อภิมวิทย์. "**บทบาทของสำนักงานอัตโนมัติและผลกระทบต่อสังคมไทย.**" ไมโครคอมพิวเตอร์ 54 (พ.ย.-ธ.ค. 32):หน้า220-225.

สุพัตรา บุญมาก, ผ.ศ.น.ต., **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และการประมวลข้อมูลทางธุรกิจด้วยคอมพิวเตอร์**, พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

สหัส พรมหมสิทธิ์, " **ISDN เน็ตเวอร์ก์ที่มาแรงในสำนักงานสากล.** " ไมโครคอมพิวเตอร์ 62 (กันยายน 2533) : หน้า 209-216.

ว.วิทย. มข. 20(1) : 29 - 32

Two Log Test

เกียรติ แสงอรุณ*

แบบทดสอบโดยราก (Root Test) และแบบทดสอบโดยอัตราส่วน (Ratio Test) เป็นแบบทดสอบที่มีความสำคัญที่ใช้ในการทดสอบการลู่เข้าแบบสัมบูรณ์ของอนุกรม แต่อย่างไรก็ตาม แบบทดสอบทั้งสองนี้ ใช้ทดสอบการลู่เข้าเฉพาะอนุกรมที่ถูกครอบงำ (dominated) โดยอนุกรมเรขาคณิต และใช้ทดสอบการลู่ออกเฉพาะอนุกรมที่มีลิมิตพจน์ที่ n ไม่เท่ากับ 0 สำหรับในบทความนี้จะเสนอทดสอบอีกแบบหนึ่งที่ใช้ได้กว้างขึ้น ซึ่งเรียกว่า Log Test

1. **ทฤษฎีบท** (First Log Test) ให้ (a_n) เป็นลำดับของจำนวนจริงบวก และ

$$L_n = \frac{\log(1/a_n)}{\log n}$$

จะได้ว่า

(1) ถ้า $\underline{\lim}\, L_n > 1$ แล้ว $\sum a_n$ เป็นอนุกรมลู่เข้า

และ

(2) ถ้า $L_n \geq 1$ สำหรับทุก $n \geq N$ แล้ว $\sum a_n$ เป็นอนุกรมลู่ออก

พิสูจน์ (1) เลือก p ซึ่ง $1 < p < \underline{\lim}\, L_n$ จะได้ว่า มี n_0 ซึ่ง $L_n > p$ สำหรับทุก $n \geq n_0$ ดังนั้น ถ้า $n \geq n_0$ แล้วจะได้

$$\begin{aligned} \log(1/a_n) &= L_n \log n \\ \log(1/a_n) &> p \log n \\ \log(1/a_n) &> \log(n^p) \\ 1/a_n &> n^p \\ 0 < a_n &< 1/n^p \end{aligned}$$

เนื่องจาก $\sum 1/n^p$ เป็นอนุกรมลู่เข้า ดังนั้นจะได้ว่า $\sum_{n=n_0}^{\infty} a_n$ เป็นอนุกรมลู่เข้า

* อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(2) ให้ $L_n \leq 1$ สำหรับทุก $n \geq N$ จะได้

$$\log(1/a_n) \leq \log n$$

$$1/a_n \leq n$$

$$a_n \geq \frac{1}{n}$$

เพราะฉะนั้น $\sum_{n=N}^{\infty} a_n \geq \sum_{n=N}^{\infty} \frac{1}{n}$ และ $\sum_{n=N}^{\infty} \frac{1}{n}$ เป็นอนุกรมลู่ออก

ดังนั้น $\sum_{n=N}^{\infty} a_n$ เป็นอนุกรมลู่ออก #

2. ตัวอย่าง

(1) สำหรับ $x > 0$ ให้ $a_n = x^{\log n}$ จะได้

$$L_n = \frac{\log(1/x^{\log n})}{\log n} = -\log x$$

สำหรับทุก $n > 1$ และ

$$\sum a_n \text{ ลู่เข้า ก็ต่อเมื่อ } -\log x > 1$$

นั่นคือ

$$\sum a_n \text{ ลู่เข้า ก็ต่อเมื่อ } 0 < x < \frac{1}{e}$$

(2) สำหรับ $x > 0$ ให้ $a_n = x^{\log(\log n)}$ จะได้

$$L_n = \frac{\log(1/x^{\log(\log n)})}{\log n}$$

$$= -(\log x)(\log(\log n))(\log n)^{-1}$$

สำหรับ $n > 2$ และ $\lim_{n\to\infty} L_n = 0$ ดังนั้น $\sum a_n$ เป็นอนุกรมลู่เข้าสำหรับทุก $x > 0$

(3) ให้ $a_n = (\log n)^{-\log n}$ จะได้

$$L_n = \frac{\log 1/(\log n)^{-\log n}}{\log n} = \log(\log n)$$

และ $\lim_{n\to\infty} L_n = \infty > 1$ ดังนั้น $\sum a_n$ ลู่เข้า #

3. **ทฤษฎีบท** (Second Log Test) ให้ (a_n) เป็นลำดับของจำนวนจริงบวก และ

$$M_n = \frac{\log(1/n\, a_n)}{\log(\log n)}$$

จะได้ว่า

(1) ถ้า $\underline{\lim}\, M_n > 1$ แล้ว $\sum a_n$ เป็นอนุกรมลู่เข้า

และ (2) ถ้า $M_n \leq 1$ สำหรับทุก $n \geq N$ แล้ว $\sum a_n$ เป็นอนุกรมลู่ออก

พิสูจน์ (1) เลือก p ซึ่ง $1 < p < \underline{\lim}\, M_n$ จะได้ว่า มี n_0 ซึ่ง $M_n > p$ สำหรับทุก $n \geq n_0$ ดังนั้น ถ้า $n \geq n_0$ จะได้

$$\log(1/n\, a_n) = M_n \log(\log n)$$

$$\log(1/n\, a_n) > p \log(\log n)$$

$$1/n\, a_n > (\log n)^p$$

$$0 < n\, a_n < 1/(\log n)^p$$

$$0 < a_n < 1/n(\log n)^p$$

เนื่องจาก $\sum \frac{1}{n(\log n)^p}$ ลู่เข้า ดังนั้นจะได้ $\sum_{n=n_0}^{\infty} a_n$ ลู่เข้าด้วย

(2) ให้ $M_n \leq 1$ สำหรับทุก $n \geq N$ จะได้

$$\log(1/n\, a_n) \leq \log(\log n)$$

$$1/n\, a_n \leq \log n$$

$$a_n \geq \frac{1}{n \log n}$$

เพราะฉะนั้น $\sum_{n=N}^{\infty} a_n \geq \sum_{n=N}^{\infty} \frac{1}{n \log n}$ และ $\sum_{n=N}^{\infty} \frac{1}{n \log n}$ ลู่ออก

ดังนั้น $\sum_{n=n_0}^{\infty} a_n$ ลู่ออกด้วย #

4. ตัวอย่าง ให้ $a_n = n^{-x_n}$ เมื่อ $x_n = 1 + 1/(\log n)$, $n > 1$ จะได้

$$M_n = \frac{\log 1/n \,.\, n^{-(1 + 1/\log n)}}{\log(\log n)}$$

$$= \frac{-\log(n \,.\, n^{-(1 + 1/\log n)})}{\log(\log n)}$$

$$= \frac{-\log n + (1 + \frac{1}{\log n})\log n}{\log(\log n)}$$

$$= \frac{1}{\log(\log n)} < 1$$

สำหรับทุก $n > e^e$ ดังนั้น $\sum a_n$ ลู่เข้า #

เอกสารอ้างอิง

Stromberg, K.R. *Introduction to classical Real Analysis*. California : Wadsworth, Inc.,1981.

จดหมายข่าวจาก

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เพื่อนสมาชิกสมาคมวิทยาศาสตร์ฯ สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่รักทุกท่าน

ก่อนอื่นต้องขออภัยต่อเพื่อนสมาชิกทุก ๆ ท่านเกี่ยวกับความล่าช้าของสาส์นฉบับนี้ ความจริงแล้วคณะกรรมการชุดใหม่ได้รับงานอย่างเป็นทางการเป็นเวลาหลายเดือนแล้ว และได้ประชุมกันไป 2 ครั้ง คณะกรรมการชุดใหม่ซึ่งประกอบด้วยบุคคลต่างสาขาวิชา ได้ร่วมกันเสนอแนวคิดต่าง ๆ เพื่อที่จะทำให้เกิดแผนการปฏิบัติงานที่เป็นรูปธรรม ในฐานะประธานคณะกรรมการ ใคร่ขอขอบคุณคณะกรรมการทุก ๆ ท่านไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

แนบมาพร้อมกันสาส์นฉบับนี้ เพื่อนสมาชิกคงจะได้รู้จักคณะกรรมการสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 15 คน รวมทั้งนโยบายและแผนงานที่คณะกรรมการชุดนี้ตั้งใจจะทำเพื่อสมาชิกทุก ๆ ท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ากิจกรรมต่าง ๆ ที่พวกเราคิดจะทำนั้น คงจะเกิดประโยชน์ต่อเพื่อนสมาชิกสมาคมวิทยาศาสตร์ หรืออย่างน้อยที่สุดก็คงจะมีประโยชน์บ้างต่อวงการวิทยาศาสตร์ หากเพื่อนสมาชิกมีข้อเสนอแนะหรือต้องการให้คณะกรรมการดำเนินงานในรูปแบบใด ขอให้โปรดส่งข้อเสนอแนะไปที่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ธรรมถาวร
เลขานุการคณะกรรมการสมาคมวิทยาศาสตร์ฯ สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

ด้วยความปรารถนาดี

สุภาพ ณ นคร
ประธานคณะกรรมการบริหาร
สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย
สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รายนามคณะกรรมการบริหารสมาคมวิทยาศาสตร์ฯ สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ประจำปี พ.ศ. 2535 - 2536

	รองศาสตราจารย์ ศรีสุมนตร์ สีตะธนี	ที่ปรึกษา
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขาว เหมือนวงศ์	ที่ปรึกษา
1.	รองศาสตราจารย์ สุภาพ ณ นคร	ประธาน
2.	รองศาสตราจารย์ ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช	รองประธาน คนที่ 1
3.	รองศาสตราจารย์ ดร.นิสันต์ สัตยาศัย	รองประธาน คนที่ 2
4.	รองศาสตราจารย์ ดร.โรจน์ชัย ศัตรวาหา	กรรมการ
5.	รองศาสตราจารย์ ดร.อุบลพงษ์ วัฒนเสรี	กรรมการ
6.	รองศาสตราจารย์ ดร.โสพิศ วงศ์คำ	กรรมการ
7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง	กรรมการ
8.	ดร. พรพิมล สุริยจันทราทอง	กรรมการ
9.	รองศาสตราจารย์ ฉวีวรรณ นาระดล	กรรมการ
10.	ดร. อุษา กลิ่นหอม	กรรมการ
11.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ แจ่มจรรยา	กรรมการ
12.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตริตาภรณ์ ชูศรี	กรรมการ
13.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิน บุศราคำ	กรรมการ
14.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิยะดา ห่อนาค	กรรมการ
15.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พหล จิตติยศรา	กรรมการ
16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ธรรมถาวร	กรรมการและเลขานุการ

สรุปแผนการดำเนินกิจกรรมของสมาคมวิทยาศาสตร์ฯ สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ช่วงปี พ.ศ. 2535 - 2536

1. ร่วมกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์ ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. กิจกรรมการบริการทางวิชาการได้แก่ จัดอบรมประชุมเชิงปฏิบัติการสำหรับครูอาจารย์วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมัธยม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในหัวข้อที่ครู อาจารย์สนใจ สำหรับข้อมูลที่ได้รับจากแบบสอบถามในสัปดาห์วิทยาศาสตร์ ปี 2535 ครู-อาจารย์สนใจในหัวข้อเกี่ยวกับ

   - เทคนิคการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
   - เทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์
   - เทคนิคการเสริมทักษะในปฏิบัติการวิทยาศาตร์
   - ทัศนศึกษาทางวิทยาศาสตร์

3. จัดรายการเสวนาวิทยาศาสตร์

4. รวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากชนบท

5. จัดทำจดหมายข่าวของสมาคมฯ ลงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. สำหรับกิจกรรมนี้ขอเรียนเชิญสมาชิกสมาคมทุกท่านส่งข่าวความเคลื่อนไหวทางวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากชนบท ไปลงในวารสารด้วย

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร "วิทยาศาสตร์ มข"

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้า หรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวม หรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ ต้องพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดีด หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษด้านเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด การส่งต้นฉบับพร้อมดิสเก็ต จะได้รับคำขอบคุณเป็นพิเศษ
2. ต้นฉบับ จะพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับเท่านั้นโดยไม่ส่งคืน ผู้เขียนควรทำสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ
3. ต้นฉบับ ต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้
4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไป และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ พร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วน หรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้น ให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้ และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน
7. ในกรณีของบทความวิจัย ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์
8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็น เพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความ เฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถ ให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตาราง หรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่าย ให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสการ์ด การใช้ภาพสีต้องได้รับความเห็นชอบจากบรรณาธิการก่อน ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจน และมีขนาดที่เหมาะสม
10. เอกสารอ้างอิง หรือเขียนตามแบบสากลนิยม

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อภินันทนาการสำหรับผู้เขียน

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

สารบัญ