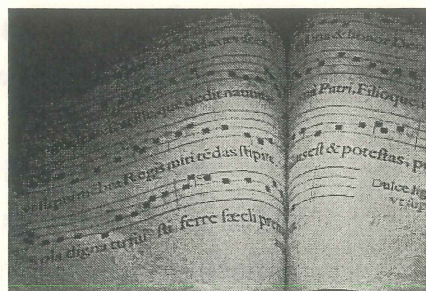




การสร้างศิลปะแบบสื่อบูรณาการ บนหลักการของ **Algorithmic Composition**

ประดิษฐ์ แสงไกร*



ในปัจจุบันสื่อทางด้านศิลปะได้ขยายรูปแบบไปในหลายทิศทาง ซึ่งก่อให้เกิดเทคนิคต่างๆ ที่ศิลปินนำมาประยุกต์ใช้ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านจิตรกรรม, สถาปัตยกรรม, นาฏศิลป์ และดนตรี ซึ่งการขยายรูปแบบดังกล่าว ส่งผลให้เกิดการทับซ้อนทางด้านมิติของผลงาน และเป็นผลให้เกิดศิลปะในรูปแบบสื่อผสมระหว่างศิลปะสาขาต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น งานโสตศิลป์ที่จำเป็นต้องอาศัยการรับรู้ทางตาผนวกกับการที่ต้องอาศัยอยู่บนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง หรือที่เราเรียกงานประเภทนี้ว่าการติดตั้งเสียง (Sound installation) หรือว่าจะเป็นนาฏศิลป์ที่มีการนำเอาดนตรีเข้าไป มีส่วนประกอบสำคัญ เป็นต้น เราสามารถวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่งานศิลปะแบบสื่อบูรณาการได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. มัลติมีเดีย (Multimedia)
2. สื่อผสม (Mixed media)
3. อินเตอร์มีเดีย (Intermedia)

สำหรับสื่อแบบมัลติมีเดีย นั้น เราสามารถแยกย่อยออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. **Happenings** เป็นงานศิลปะที่เน้นความเป็นอิสระของส่วนผสมที่มาจากแขนงต่างๆ โดยส่วนใหญ่จะเน้นให้ผลที่ออกมายากแก่การคาดเดา
2. **Theater piece** เป็นงานศิลปะที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างองค์ประกอบด้านภาพและเสียง
3. **Light Show** เป็นงานศิลปะที่สามารถสร้างบูรณาการระหว่างองค์ประกอบด้านต่างๆ ให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ซึ่งในที่นี้สามารถระบุขอบเขตได้ตั้งแต่การเลียนคำจากเสียงไปจนถึงการแสดงเลเซอร์ที่ซับซ้อนมาก

* อาจารย์ประจำวิทยาลัยดนตรี มหาวิทยาลัยรังสิต



ศิลปะแบบมัลติมีเดียไม่ใช่เรื่องไกลตัวอย่างที่เราคิด เราสามารถพบเห็นงานศิลปะแบบสื่อผสมได้ทั่วไป อาทิ ภาพยนตร์ ซึ่งเกิดจากภาพและเสียงเป็นส่วนประกอบ หรือว่าจะพูดถึงโลกอินเทอร์เน็ต การเข้าชมเว็บไซต์หลายๆ แห่ง ผู้เข้าชมจำต้องรับสารสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งของสื่อผสมไป โดยปริยาย จากข้อสังเกตนี้เองจะเห็นได้ว่าสื่อผสมทุกประเภท จะมีส่วนผสมทางด้านเทคโนโลยีอยู่ด้วยส่วนหนึ่ง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวกลางในการส่งสารสัมพันธ์แก่ผู้รับ ไม่เว้นแม้กระทั่งงานศิลปะแบบ Happening ซึ่งสร้างอยู่บนการยากแก่การคาดเดา โดยอาจจะสร้างองค์ประกอบขึ้นมาจาก วรรณกรรม ดนตรี นาฏศิลป์ การโปรเจกต์ภาพและวัสดุ และเนื่องจากจุดประสงค์ของงานประเภทนี้ จึงเป็นเหตุให้เกิดกระบวนการในการสร้างผลงานต่างๆ ให้ยากแก่การคาดเดา แต่ก็ยังสามารถควบคุมองค์ประกอบต่างๆ ไม่ให้เกินขอบเขตที่ศิลปินต้องการอีกด้วย ทำให้งานศิลปะแบบ Happenings ถูกพัฒนาแนวคิดและวิธีการนำเสนอออกไปเป็นสื่อผสมและอินเทอร์เน็ตมีเดียอีกด้วย

แนวคิดและวิธีการนำเสนอของมัลติมีเดีย มีทั้งจุดที่เหมือนและแตกต่างกับแนวคิดและวิธีการของสื่อผสมและอินเทอร์เน็ตมีเดียในด้านองค์ประกอบต่างๆ ของมัลติมีเดียและสื่อผสมนั้นเกิดจากศิลปะรูปแบบต่างๆ มารวมกัน แต่มัลติมีเดียจะแยกองค์ประกอบต่างๆ ให้เป็นอิสระจากกัน ส่วนสื่อผสมจะพยายามให้องค์ประกอบต่างๆ เกี่ยวเนื่องกันให้ได้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น การบันทึกคำตัวโน้ตบนสกอว์เพลง เป็นการผสมผสานองค์ประกอบด้านเสียงและภาพเข้าด้วยกัน การใช้สัญลักษณ์เพื่อสื่อความหมายต่างๆ ของเสียงที่นักดนตรีจำต้องผลิตเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ประพันธ์ก็ถือเป็นการใช้องค์ประกอบทางศิลปะรูปแบบหนึ่ง คล้ายกับการออกแบบสัญลักษณ์ต่างๆ โดยทั่วไป หรือสื่อปฏิสัมพันธ์อื่นๆ เช่น เกม ก็เป็นสื่อผสมเช่นเดียวกัน เพราะการเล่นเกม ผู้เล่นจะต้องทำการป้อนค่าจากอุปกรณ์ที่เป็นอินพุต แล้วทำการทริกเกอร์¹ องค์ประกอบอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียง หรือทั้งภาพและเสียง ทั้งนี้ยังรวมไปถึงการเลือกรับค่าทริกเกอร์นั้นๆ เพื่อเลือกผลที่จะเกิดขึ้นตามมาอีกด้วย หลักการของการสร้างงานแบบสื่อผสมจึงตั้งอยู่บนพื้นฐานอย่างหนึ่ง นั่นก็คือสิ่งที่เรียกว่าอัลกอริธึม ด้วยส่วนใหญ่จะใช้อัลกอริธึมที่คำนึงถึงปัจจัยของเหตุและผล หรืออัลกอริธึมแบบสุ่มค่า แล้วทำการกรองค่าที่ส่งออกมาโดยผู้แสดง, ผู้ประพันธ์ หรือศิลปิน

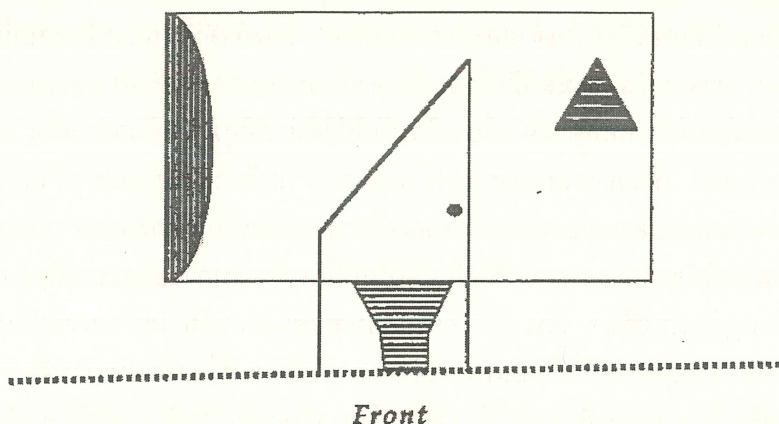
ประเภทสุดท้ายของศิลปะแบบสื่อบูรณาการก็คือสื่อประเภทอินเทอร์เน็ตมีเดีย ซึ่งภาพรวมของงานศิลปะประเภทนี้ใกล้เคียงกับสื่อผสม หากแต่ถ้าเมื่อแยกองค์ประกอบใดก็ตามภายในงานออกไป งานชิ้นนั้นจะไม่สามารถจัดแสดงได้เลย โดยทั่วไปสื่ออินเทอร์เน็ตมีเดียมักจะอาศัยอยู่บนสภาพแวดล้อมเป็นหลัก ซึ่งนั่นหมายถึงว่าเราสามารถตัดความสำคัญของพื้นที่การแสดงที่แยกออกเป็นสัดส่วนอย่างเช่นเวทีออกไป คงเหลือไว้เพียงพื้นที่หนึ่งซึ่งผู้ชมสามารถเข้าไปร่วมเป็นส่วนหนึ่งของงานชิ้นนั้นได้² ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดของงานประเภทอินเทอร์เน็ตมีเดียก็คืองานศิลปะการติดตั้งเสียง

1 ทริกเกอร์ ในที่นี้หมายถึงการสั่งงานให้อุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งทำงานทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมถึงการสั่งงานผลิตค่าสัญญาณต่างๆ ด้วย

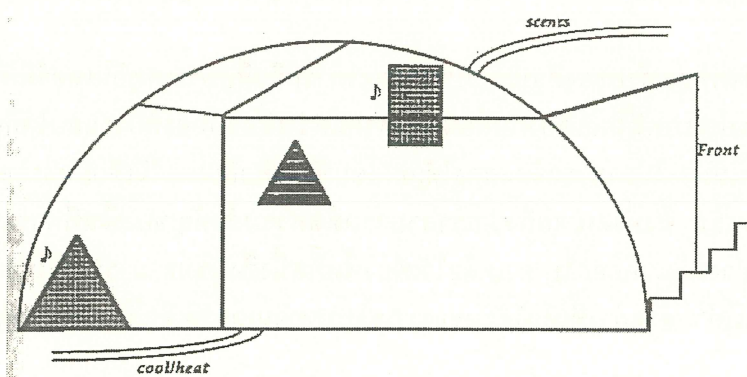


ซึ่งปัจจัยหลักของงานอยู่ที่ผลของเสียงที่มีต่อพื้นที่นั้นๆ โดยอาศัยคุณสมบัติของเสียงในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการสะท้อนได้ของเสียง การถูกดูดซับได้ของเสียง และการกระจายได้ของเสียง ทั้งนี้ ผลที่เกิดขึ้นอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นโดยอาศัยสภาพแวดล้อมจริงเท่านั้น หากแต่สามารถเกิดขึ้นบนสภาพความจริงเสมือน (Virtual reality) ซึ่งต้องอาศัยการประมวลผลเสียงด้วยกระบวนการทางระบบดิจิทัลได้อีกด้วย

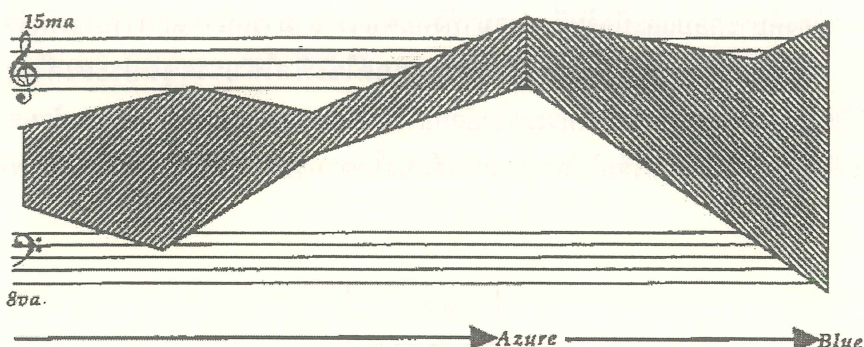
จากภาพที่ 1 เป็นผังการออกแบบสภาพแวดล้อมซึ่งมีองค์ประกอบที่ต้องการควบคุมอยู่หลายด้าน และภาพที่ 2 เป็นตัวอย่างพื้นที่ซึ่งสร้างเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการดังกล่าว ซึ่งสัญลักษณ์ที่เห็นภายในภาพ คือตำแหน่งการจัดตั้งลำโพงเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงทิศทางการกำเนิดของเสียง ซึ่งในที่นี้ศิลปินทำหน้าที่หลายประการด้วยกัน กล่าวคือเป็นทั้งผู้ออกแบบ สถาปนิก และประติมากร



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการออกแบบสภาพแวดล้อมจากภายนอก



ภาพที่ 2 ตัวอย่างห้องที่สร้างตามความต้องการจากภาพที่ 1



ภาพที่ 3 เสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องตามภาพที่ 2

โดยทั่วไปสภาพการรับรู้เสียงดนตรีของมนุษย์แบ่งออกเป็นสองด้านใหญ่ๆ คือการรับรู้เสียงจากองค์ประกอบทางดนตรีและการรับรู้เสียงจากองค์ประกอบทางด้านกายภาพของเสียง โดยที่มีสิ่งที่เป็นปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงของเสียงดนตรี 5 จำพวกด้วยกันซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการรับรู้งานที่สร้างขึ้นทั้งนั้น

Musical knowledge base	Physical knowledge base
listener	instrument
composer	room
performer	

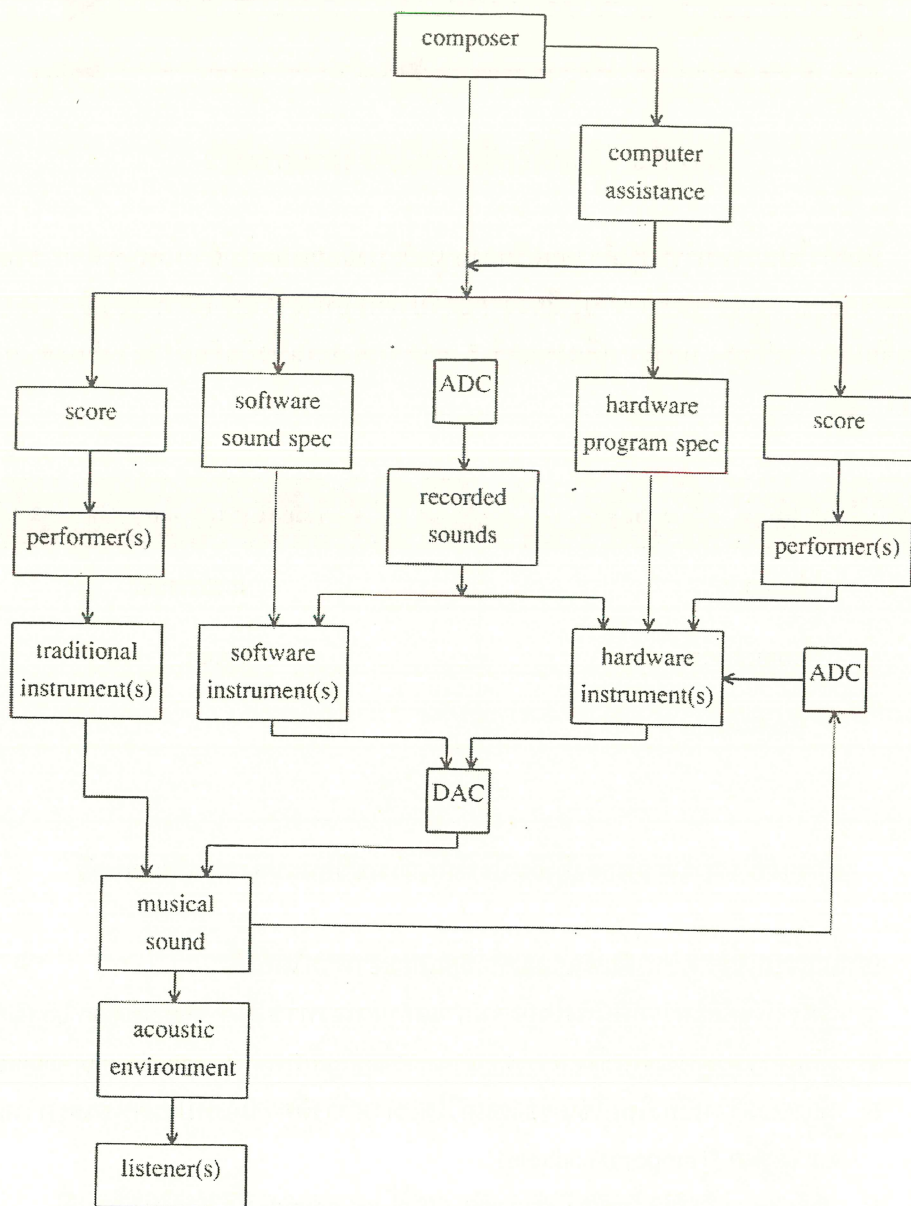
ตารางที่ 1 การจำแนกสิ่งที่เป็นปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงของเสียงดนตรี

เราสามารถเชื่อมความสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละจำพวกได้ดังนี้

1. ผู้ประพันธ์สื่อสารกับผู้ฟังโดยผ่านการตอบสนองทางเสียง (Perception cognition)
2. ผู้แสดงและผู้ประพันธ์สื่อสารโดยผ่านการใช้สัญลักษณ์ (Symbolic representation)
3. ผู้แสดงสร้างเสียงโดยใช้เครื่องดนตรีโดยผ่านการตีความบทประพันธ์และการแสดงความรู้สึก (Temporal controls)
4. เครื่องดนตรีสร้างต้นกำเนิดของเสียง (Source sound) ที่มีภายในสถานที่
5. สถานที่กำเนิดเสียง (Sound field) มีทำให้เสียงที่เกิดขึ้นแปรเปลี่ยนไป และมีผลต่อการรับรู้ของผู้ฟังในที่สุด



จากองค์ประกอบและปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ เราสามารถนำหลักการประพันธ์ดนตรีแบบ อัลกอริธึม (Algorithmic composition) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ในการแสดงผลงานได้เป็นอย่างดี เพราะการวางโครงสร้างอัลกอริธึมเป็นการควบคุมข้อจำกัดของข้อมูลขาออกได้ โดยวิธีการจัดโครงสร้างอัลกอริธึมในการประพันธ์แบ่งได้ตามรูปแบบดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลำดับขั้นตอนของการประพันธ์ดนตรีโดยใช้หลักอัลกอริธึม



จากภาพที่ 1 เราจะสังเกตเห็นได้ว่าจากความคิดของผู้ประพันธ์ สามารถส่งข้อมูลโดยตรง มาที่ขั้นตอนต่อไป หรือจะเลือกให้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณค่าต่างๆ ก็ได้ ลำดับ ความคิดหลังจากนี้สามารถแยกออกได้เป็น 4 ทางด้วยกัน นั่นก็คือ

1. ผู้ประพันธ์บันทึกโน้ตลงบนสกอ์เพลง ส่งผ่านให้นักดนตรีแสดงโดยใช้เครื่องดนตรี ดั้งเดิมเพื่อให้ได้เสียงดนตรี เล่นบนสภาพอะคูสติคเพื่อให้ผู้ฟังรับรู้เสียงตามปัจจัยที่กล่าวมาแล้ว ในตารางที่ 1

2. ผู้ประพันธ์เลือกใช้ซอฟต์แวร์ในการสังเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าโน้ตหรือเสียง ต่างๆ แปรสัญญาณเป็นอะนาล็อกเพื่อให้ได้เสียงดนตรี เล่นบนสภาพอะคูสติคเพื่อให้ผู้ฟังรับรู้เสียง ตามปัจจัยที่กล่าวมาแล้วในตารางที่ 1

3. ผู้ประพันธ์เลือกใช้ฮาร์ดแวร์ในการสังเคราะห์ข้อมูลต่างๆ แปรสัญญาณเป็นอะนาล็อก เพื่อให้ได้เสียงดนตรี เล่นบนสภาพอะคูสติคเพื่อให้ผู้ฟังรับรู้เสียงตามปัจจัยที่กล่าวมาแล้วในตาราง ที่ 1

4. ผู้ประพันธ์บันทึกโน้ตลงบนสกอ์เพลง ส่งผ่านให้นักดนตรีแสดงโดยใช้เครื่องดนตรี ไฟฟ้า แปรสัญญาณเป็นอะนาล็อกเพื่อให้ได้เสียงดนตรี เล่นบนสภาพอะคูสติคเพื่อให้ผู้ฟังรับรู้เสียง ตามปัจจัยที่กล่าวมาแล้วในตารางที่ 1

จากวิธีการทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมานั้น เราสามารถนำมาประกอบเข้ากันได้อีกหลายรูปแบบ ยก ตัวอย่างเช่น เพลง Répons ของปีแอร์ บูลซ์ (Pierre Boulez) ได้ใช้ดิจิตอลซินธิไซเซอร์ที่เรียกว่า 4-X ซึ่งผลิตโดยสถาบัน Institute for Research and Coordination of Acoustics and Music (IRCAM) ในฝรั่งเศส บรรเลงร่วมกับเครื่องดนตรีดั้งเดิม (เปียโนสองหลัง, ฮาร์พ, ไวบราโฟน, กลอคเคนสปีล, ซิมบาลอม และวงออร์เคสตรา) เป็นต้น โดยที่บูลซ์เลือกที่จะให้เครื่อง 4-X รับคำสั่งสัญญาณเสียง เพื่อ ประมวลผลเสียงโดยอ้างอิงจากข้อมูลเสียงที่เป็นอินพุทนั้น ผลที่ได้จึงเสมือนว่านักดนตรีกำลังบรรเลง เครื่องดนตรี 4-X โดยผ่านกระบวนการประมวลผล ณ ขณะนั้น

จะเห็นได้ว่ากระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลบนระบบดิจิตอล เป็นสิ่งที่น่าสนใจและ นำมาใช้ได้ในหลายกรณี โดยทั่วไปแล้วมักจะอยู่บนพื้นฐานของการกรองค่า หรือสุ่มค่า หรือทั้งสอง อย่างประกอบกัน ยกตัวอย่างจากกรณีของเพลง Répons ข้างต้น จะเห็นได้ว่าบูลซ์ใช้เสียงเครื่องดนตรี ดั้งเดิมเป็น สัญญาณ อินพุท หลังจากนั้นเครื่องดนตรี 4-X จะทำหน้าที่แปรสัญญาณเสียงให้เป็น สัญญาณ อะนาล็อก แล้วตัวแปลงสัญญาณจากอะนาล็อกเป็นดิจิตอลก็จะทำการแปรสัญญาณ อีกทอดหนึ่ง เพื่อให้ซีพียูภายในเครื่อง 4-X ทำการวิเคราะห์ข้อมูลขาเข้าโดยแบ่งออกตามองค์ประกอบ ของเสียงทั้งในด้านระดับเสียงและความเข้มของเสียง นอกจากนั้นข้อมูลเสียงที่เป็นอินพุทดังกล่าว ยังทำหน้าที่ ทรักเกอร์เสียงที่ผ่านการวิเคราะห์ภายในเครื่อง 4-X แปรค่าออกมาเป็นอะนาล็อกแล้ว เล่นกลับมายังสภาพแวดล้อมอะคูสติค



กรณีที่น่าจะยกมาวิเคราะห์อีกกรณีหนึ่งก็คือการทริกเกอร์โดยใช้ค่าตัวเลขสุ่ม ซึ่งหนึ่งในกระบวนการดังกล่าวเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายนั่นก็คือการเลือกค่าสุ่ม (Random sieve) ซึ่งอาศัยประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสุ่มค่า และขั้นตอนการเลือกค่า โดยทั่วไปในภาษาคอมพิวเตอร์ทุกภาษาจะมีคำสั่งสำหรับการสุ่มค่า นั่นก็คือคำสั่ง random อยู่เป็นพื้นฐานอยู่แล้ว เพียงแค่เราต้องทำการอิมพอร์ตไฟล์เฮดเดอร์ math.h ที่บรรจุคำสั่งต่างๆ ในการคำนวณก่อนทุกครั้ง ส่วนขั้นตอนการเลือกค่านั้น เราสามารถเขียนคำสั่งได้โดยตรงโดยใช้หลักการสร้างเงื่อนไขเพื่อกรองค่าดังกล่าว ซึ่งปรากฏอยู่ 4 ลักษณะด้วยกัน

1. คำสั่ง if มีรูปแบบการป้อนคำสั่งดังนี้

```
if (...นิพจน์...) {
    ...คำสั่ง....;
}
```

2. คำสั่ง if-else มีรูปแบบการป้อนคำสั่งดังนี้

```
if (...นิพจน์...){
    ...คำสั่งที่ 1...;
}
else {
    ...คำสั่งที่ 2...;
}
```

3. คำสั่ง if-else if- else มีรูปแบบการป้อนคำสั่งดังนี้

```
if (...เงื่อนไขที่ 1...) {
    ...คำสั่งที่ 1...;
}
else if {
    ...คำสั่งที่ 2...;
}
else if {
    ...คำสั่งที่ 3...;
}
...
else if {
    ...คำสั่งที่ N...;
}
else {
```



...คำสั่งที่ N+1...;

}

4. คำสั่ง switch-case มีรูปแบบการป้อนคำสั่งดังนี้

switch (...เงื่อนไข...){

case คำที่ 1 :

คำสั่งที่ 1;

break;

...

case คำที่ N :

คำสั่งที่ N;

break;

}

คำสั่งที่ N+1;

นอกจากนี้ ยังมีการกรองค่าจากเงื่อนไขแล้วกำหนดให้ทำคำสั่งนั้นๆ ตามที่ผู้เขียนโปรแกรมต้องการอีกด้วย ซึ่งคำสั่งประเภทนี้เรียกว่า คำสั่งคำซ้ำ (Recursive command) ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ

1. คำสั่ง for มีรูปแบบการป้อนคำสั่งดังนี้

for (ค่าเริ่มต้นของตัวแปร;...เงื่อนไข...; ปรับค่าตัวแปร)

{

...คำสั่ง...;

}

2. คำสั่ง while มีรูปแบบการป้อนคำสั่งดังนี้

while (...เงื่อนไข...) {

...คำสั่ง...;

}

3. คำสั่ง do-while มีรูปแบบการป้อนคำสั่งดังนี้

do {

...คำสั่ง...;

} while (...เงื่อนไข...);

ส่วนการนำเอามาประยุกต์ใช้นั้น เราจะพบเห็นคำสั่งเหล่านี้บนสื่อปฏิสัมพันธ์ต่างๆ สำหรับงานศิลปะแบบมัลติมีเดีย สื่อผสม และอินเทอร์เน็ตในปัจจุบัน โดยศิลปินมักจะใช้ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์เฉพาะด้าน ซึ่งนิยมใช้กันอยู่ 3 ตัวด้วยกัน คือ



1. Max
2. Pure Data
3. Supercollider

ซอฟต์แวร์ทั้ง 3 ตัวที่กล่าวมานี้มีทั้งข้อดีและข้อเสียต่างกันไป โดยที่ Max มีข้อดีที่การใช้ง่าย มีอินเทอร์เฟซที่สามารถเรียนรู้ได้ง่าย เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ประเภทที่มีกราฟฟิกเป็นส่วนประกอบ แต่มีข้อเสียก็คือด้วยความที่ซอฟต์แวร์มีกราฟฟิกเป็นส่วนประกอบนี้เอง จึงทำให้ต้องเสียทรัพยากรซีพียูในการประมวลผลด้านภาพไปส่วนหนึ่ง ในด้านของ Pure Data เป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดให้ใช้โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ดังนั้น จึงมีผู้นิยมใช้พอสมควร แต่อินเทอร์เฟซค่อนข้างเป็นที่เข้าใจได้ยากกว่า Max ในทางกลับกัน Pure Data ประหยัดทรัพยากรซีพียูมากกว่า ส่วนซอฟต์แวร์ Supercollider นั้นแตกต่างจาก Max และ Pure Data อยู่พอสมควร เพราะเป็นซอฟต์แวร์ประเภทโค้ด และยังสร้างบนพื้นฐานของภาษาประเภท Object-oriented programming language (OOP language) ซึ่ง ณ จุดนี้ก็ทำให้ Supercollider มีทั้งข้อดีและข้อเสียเช่นเดียวกัน ข้อดีคือมีความยืดหยุ่นสูง มีแหล่งข้อมูลในการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมหลายแห่ง แต่ผู้ใช้อย่อมต้องเสียเวลาในการพิมพ์โค้ดและจัดลำดับคำสั่งตามความต้องการก่อน-หลัง ดังนั้น จึงขึ้นอยู่กับผู้ใช้ที่จะเลือกซอฟต์แวร์ให้เหมาะสมกับการทำงานของแต่ละคน แต่สำหรับศิลปินบางกลุ่มก็หันความสนใจไปที่ด้านฮาร์ดแวร์เพียงอย่างเดียว เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องความไม่เสถียรของซอฟต์แวร์หรือโค้ดที่เขียนขึ้น ศิลปินกลุ่มดังกล่าวจึงให้ความสนใจการอุปกรณ์ที่สามารถส่งค่าไปทริกเกอร์ในส่วนอื่นๆ ได้อย่างเช่น อุปกรณ์จำพวกเซ็นเซอร์หรือมอเตอร์ต่างๆ ซึ่งหลักการทำงานของอุปกรณ์จำพวกนี้ อาศัยหลักการแปรค่าสัญญาณไฟฟ้าเป็นหลัก จึงมีความแม่นยำในการอ่านค่าจากผู้ใช้หรือจับค่าจากสภาพแวดล้อมภายนอก การใช้ฮาร์ดแวร์ประเภทเซ็นเซอร์จึงเป็นทางออกที่ดีอีกทางหนึ่ง



เอกสารอ้างอิง

- Cope D. (2000). *Techniques of the Contemporary Composer*. Schirmer Books. : 192-205, 206-14
- Moore R. (1990). *Elements in Computer Music*. Prentice Hall. : 397-410, 408-18
- อรพิน ประวัติบริสุทธิ. (2537). *คู่มือเขียนโปรแกรมด้วยภาษาจาวา*. สำนักพิมพ์บริษัทโปรวิชั่นจำกัด. : 131-40