REFERENCES

Angel, E. Computer Graphics. Massachusetts: Addison-Wesley, 1990.

Artwick, B. A. Microcomputer Displays, Graphics, and Animation. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

Billmeyer, F.W. Jr., and Saltzman, M. Principles of Color Technology. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1981.

Borland C++ version 3.1. [Computer program compiler], California: Borland International, 1992.

DeskScan II version 1.51. [Computer software], California: Hewlett-Packard Co., 1992.

Foley, J. D., and Dam, A. V. Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Massachusetts: Addison-Wesley, 1982.

_____, Dam, A.V., Feiner, S.K., and Hughes, J.F. Computer Graphics Principles and Practice. 2nd ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1990.

Gonzalez, R.C., and Woods, R.E. Digital Image Processing. Massachusetts: Addison-Wesley, 1992.

Hargrave, J.P. SVGA BGI Drivers version 2.4. [Computer program library], North Carolina: Jordan Hargraphix Software, 1993.

Harrington, S. Computer Graphics A Programming Approach. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1987.

Hearn, D., and Baker, M.P. Computer Graphics. London: Prentice-Hall, 1986.

Hill, F.S. Jr. Computer Graphics. New York: Macmillan, 1990.

Hussain, Z. Digital Image Processing Practical Applications of Parallel Processing Techniques. New York: Ellis Horwood, 1991.

REFERENCES (continued)

Kay, D.C., and Levine, J.R. Graphics File Formats. Pennsylvania: Windcrest/McGraw-Hill, 1992.

Lim, J.S. Two-Dimensional Signal and Image Processing. New Jersey: Prentice-Hall, 1990.

Low, A. Introductory Computer Vision and Image Processing. London: McGraw-Hill, 1991.

Pradit Pinyopasakul. Getting color image using black-and-white scanner. Bachelor's Project Report, Chulalongkorn University, 1993.

_____, and Nongluk Covavisaruch. Getting color images using a black-and-white image input device. National Computer Symposium Proceedings 1 (1994): 318-326.

Rimmer, S. Bit-Mapped Graphics. 2nd ed. Pennsylvania: Windcrest/McGraw-Hill, 1993.

Robertson, G. Virtual and Huge Arrays. Version 2.03. [Computer program - library]. Glasglow, England: British Software Licensing, 1992.

Sanchez, J., and Canton, M.P. Graphics Programming Solutions. New York: McGraw-Hill, 1993.

Sutty, G., and Blair, S. Programmer's Guide to the EGA/VGA New York: Brady, 1988.

Thorell, L.G., and Smith, W.J. Using Computer Color Effectively. New Jersey: Prentice-Hall, 1990.

Turbo C version 2.0. [Computer program compiler], California: Borland International 1988.

Wegner, T. Image Lab. California: Waite Group Press, 1992.

Xiang, Z., and Joy, G. Color image quantization by agglomerative clustering. IEEE Computer Graphics and Applications 14 (May 1994): 45.

APPENDICES

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPENDIX A

PCX IMAGE FILE FORMAT

PCX is the only file format supported by BW2COLOR, a software developed in this research. This file format was developed by ZSoft Corporation to be applied to the PC Paintbrush program. It is widely supported by most applications, therefore good for exchange, and also fast to encode and decode.

PCX File Structure

The PCX file comprises three parts: header, bitmap data, and a 256-color palette (for 256-color PCX only).

The header of PCX file, which is the first part, is 128 bytes in length. It stores version number, resolution of image in dots per inch, dimension (in pixels on X and Y axes), number of bytes per scan line, size of pixel in bits, number of color planes, and so on. For some PCX file, it might also contain a 16-color palette, and a code specifying whether it is a color or a gray scale image.

The second part of the file is bitmap data. They are encoded by *run-length encoding*. The pixel values are ordinarily indices to a color in a palette.

For 256-color image, there is a 256-color palette which is 768 bytes in length at the end of the file. Each color in the palette is composed of three bytes, each of which represents red, green, and blue intensities respectively.

1. Header

The structure of 128-byte header of the PCX file is described by Table A.1.

Table A.1 Structure of PCX file header[1]

Start byte	Size (byte)	Contents	Interpretation
0	1	PCX flag	Always 0Ah
1	1	Version number	0 = PC Paintbrush 2.5 2 = PC Paintbrush 2.8 with header palette 3 = PC Paintbrush 2.8 without header palette 4 = PC Paintbrush for Windows 5 = PC Paintbrush 3.0 or up, PC Paintbrush IV or IV Plus, PC Paintbrush Plus for Windows, or Publisher's Paintbrush
2	1	Encoding	1 = PCX run-length encoding
3	1	Pixel size	Number of bits per pixel, in each plane
4	8	Image dimension	Xmin, Ymin, Xmax, and Ymax respectively, in pixels
12	4	Resolution	Number of dots per inch in X and Y which define the resolution of the device that created the image
16	48	Header palette	16-color palette
64	1	Reserved	Reserved for ZSoft use; always 0
65	1	Planes	Number of color planes
66	2	Bytes per line	Scan-line size in bytes
68	2	Palette type	1 = color or b/w 2 = gray scale (available only in some images)
70	4	Video screen size	(number of pixels in X) - 1 and (number of pixels in Y) - 1
74	54	Filler	Not used

[1] David C. Kay and John R. Levine, Graphics File Formats (Pennsylvania: Windcrest/McGraw-Hill, 1992), pp. 27-28.

There are several ways which data can be recorded in a PCX file as if there are many formats in one. To determine how data should be interpreted, two values: pixel size (header byte 3) and number of color planes (header byte 65) are the most reliable guides. Table A.2 shows the interpretation of these guides.

Table A.2 Interpretation of PCX data [2]

Pixel size	Planes	Interpretation
1	1	monochrome
1	2	4-color
1	3	8-color
1	4	16-color
2	1	4-color, with header palette
2	4	16-color
4	1	16-color, with header palette
8	1	256-color
8	3	16.7M-color (16,777,216-color)

2. Bitmap Data

In the case that color palette is not applied, the bitmap data are pixel values directly; otherwise, the bitmap data are color indices to RGB triplexes in the palette.

For the PCX file in which bitmap data are pixel values directly, data are stored by scan line, and by color plane respectively. As an example, for 3-color image, the data will be stored as follows:

(Scan line 0:) RRRRRR ... GGGGGG ... BBBBBB ...

(Scan line 1:) RRRRRR ... GGGGGG ... BBBBBB ...

(Scan line 2:) ...

For the PCX file in which bitmap data are color indices, there is only one color plane. Suppose that 'I' represents each index, the data will be recorded in the following format:

---

[2] David C. Kay and John R. Levine, Graphics File Formats, pp. 29.

(scan line 0:) I I I I I I ...

(scan line 1:) I I I I I I ...

The size of index depends on the number of colors in each plane. For instance, in 16-color image with header palette, the size of index is 4 bits, as 2^4 is equal to 16.

Since each scan line cannot be encoded across line boundary, there are coding breaks between scan lines without any symbol indicating the end of a scan line. The procedure for unpacking one line of a PCX file is illustrated in Fig. A.1.

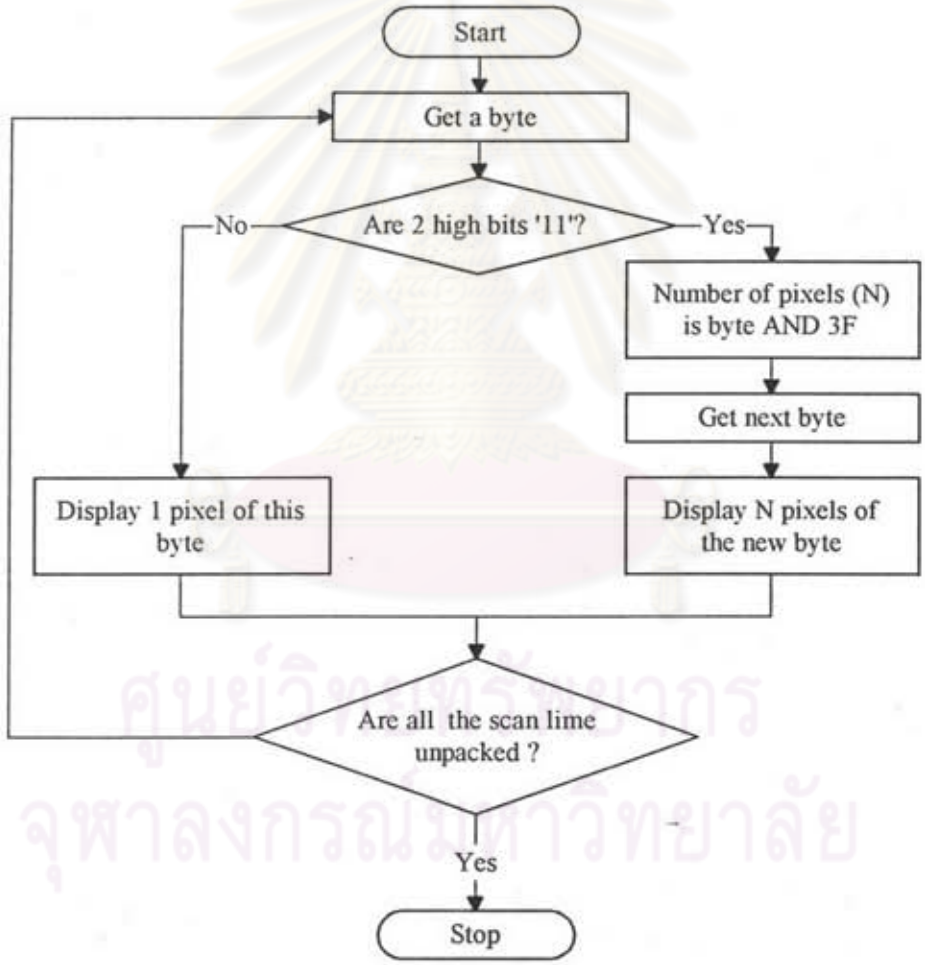


Fig. A.1 The procedure for unpacking one line of a PCX file

It should be noted that there are some limitations of this encoding scheme. The size of color in each plane cannot exceed eight bits. The maximum number of pixels encoded

in a packet cannot exceed 63 (3Fh). Moreover, as the number of bytes per scan line must be even, there are always extra pixels at the end of scan line when the width of image is an odd number.

3. Color Palette

There is a 16-color palette in the header of both 16-color PCX with header palette and 16-bit gray scale PCX files. At the end of 256-color or 256-level gray scale PCX file, there is a 256-color palette which is proceeded by a code of 12 (0Ch). Both types of palettes are of the same format as each color is three bytes in length, with each byte represents red, green, and blue respectively as follows:

(Color 0:) RGB (Color 1:) RGB (Color 2:) RGB ...

256-Color PCX

256-color PCX and 256-level gray scale PCX are of the same format with 256-color palette attached to the end of file. As the size of index to a color in 256-color palette is 8 bits ($2^8 = 256$), which are exactly equal to 1 bytes, it is easy to encode and decode the bitmap data. As an example, the following three bytes of PCX data will be decoded.

4Fh	C5h	C5h	...

As the two high bits of the first byte (4Fh) are not '11', the byte represents a pixel of the color number 4Fh in the palette. For the second byte, the two high bits are '11' , thus, the byte after its two high bits have been stripped out, 5, is the number of pixels for the next byte. The next byte (C5h), thus, represents the color number C5h in the palette.

16-Color PCX with Header Palette

There are two variations of 16-color PCX files, with and without header palette. Only the 16-color PCX with 16-color palette in the header will be described here as the BW2COLOR software supports only 16-level and 256-level gray scale, and 256-color PCX files. As gray scale PCX files are actually implemented as color PCX with palette of equal red, green, and blue intensities, actually two types of PCX files, 16-color PCX with header palette and 256-color PCX, are supported by the BW2COLOR software.

Unlike 256-color PCX, as the size of index to a color in 16-color palette is four bits ($2^4 = 16$), which are half of a byte, encoding and decoding of bitmap data are done for two colors in one byte packet. This encoding method is called *nybble stacking*,[3] as *nybble* means half a byte. For example, the following three bytes of PCX data will be decoded.

FFh	C0h	07h	...

As the two high bits of the first byte (FFh) are '11', the byte after stripping out its two high bits, 3Fh, is the number of pixels for the next byte. The next byte (C0h), thus, represents the color number C0h in the palette. For the third byte, the two high bits are not '11', thus, the byte represents a pixel of the color number 7 in the palette.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[3] Steve Rimmer, Bit-Mapped Graphics, 2nd ed. (Pennsylvania: Windcrest/ McGraw-Hill, 1993), pp.127-128.

APPENDIX B

256-COLOR DISPLAY ON VGA/SVGA MONITORS

Video Graphics Array (VGA) is the first type of display adapter that produces analog signal, thus resolving the limit of maximum number of displayable colors. However, as the input signal to the display adapter is still digital, the number of colors is limited by the size of pixel. As the pixel size on VGA adapter is eight bits, the maximum number of displayable color is 256 (2^8). Furthermore, as the size of display memory is only 64 KB, 256-color display on a VGA monitor is limited to only the 320200 pixel resolution.

To solve the problems above, Super VGA (SVGA) adapter was developed. By the technique of assigning multiple banks of memory to the same range of memory addresses, each bank of memory can be accessed by first setting the bank number to the bank selection register. Anyway, as there was no standard of SVGA adapter interface at first, many manufacturers have designed their own interface. For example, the port number for accessing the bank selection register, the memory address of the pixel at the same screen coordinates, and the mode number for the same resolution are different. Thus, the standard for displays has been set up by Video Electronics Standards Association (VESA) in October of 1989 to solve this incompatibility problem, and it is called *VESA SVGA standard*.[1] To meet the standard, each manufacturer usually provides a *VESA driver*, as a BIOS extension, for their non-VESA adapter. Anyway, software with VESA capability can run on a PC with non-VESA adapter only after a VESA driver has been installed.

---

[1] Julio Sanchez and Maria P. Canton, Graphics Programming Solutions (New York: McGraw-Hill, 1993), pp. 286.

For the ease of use and portability, the SVGA BGI Drivers Version 2.4 [2] was exploited in development of the BW2COLOR software, allowing users to use the software both with and without loading a VESA driver on most VGA/SVGA adapters.

DAC Registers

In 256-color display on a VGA/SVGA monitor, each byte in display memory represents the index to the 256-color palette implemented by Digital-to-Analog Converter (DAC) registers. The data in DAC represent the intensity levels of the primary colors: red, green, and blue.

DAC is composed of 256 registers, each of the three byte size. Each register in DAC stores the intensities of red, green, and blue primary color in each byte, respectively. As the size of a byte in these registers is only 6 bits, a byte from 256-color palette at the end of a PCX file must be scaled from 256 levels (8 bits) to 64 levels (6 bits) by right shifting for 2 bits before stored into DAC.

As already mentioned, the output signal from VGA/SVGA adapter is analog. The digital data stored in DAC are converted to be analog before they are sent to a monitor.

256-Color Display on VGA Monitors

There is only one 256-color display mode on VGA monitors, the standard mode number 19 (13h) of the 320×200 pixel resolution. This mode is common for both VGA and SVGA adapters. In this mode, the display data are stored in the range of the memory addresses from A000:0000 to A000:F9FF.[3] Each byte in the display memory represents the index to a color in DAC, the 256-color palette of VGA/SVGA adapter. The digital data are

---

[2] Jordan Powell Hargrave, "SVGA BGI Drivers version 2.4," Computer program library produced by Jordan Hargraphix Software, North Carolina, 1993.

[3] George Sutty and Steve Blair, Programmer's Guide to the EGA/VGA (New York: Brady, 1988), pp. 57.

converted to be analog by DAC before sent to a monitor, as illustrated in Fig. B.1. The offset address in display memory of the pixel at the coordinates (x, y) on screen, where x is a horizontal coordinate in the range 0-319. and y is a vertical coordinate in the range 0-199, can be calculated by the following function:

$$offset = (y \times 320) + x$$

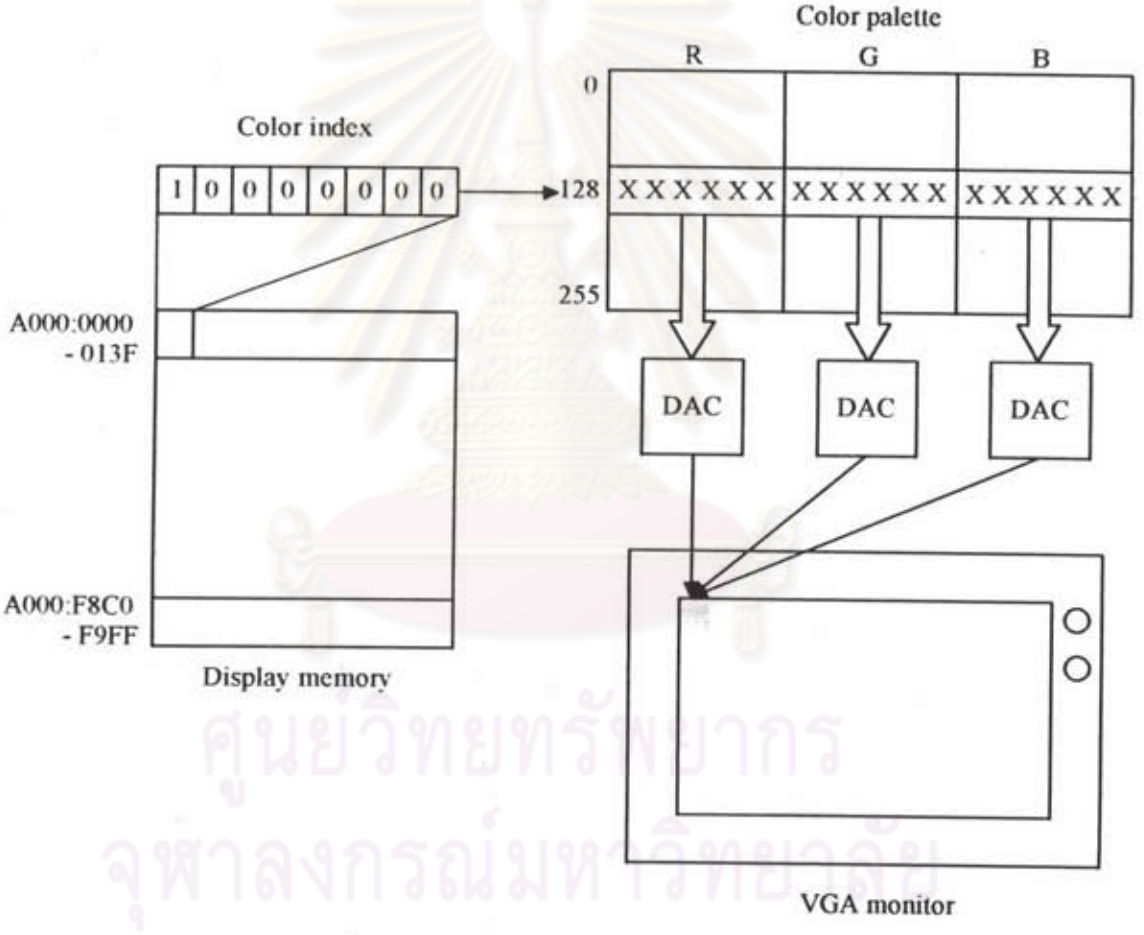


Fig. B.1 256-color display in mode 19 (13h)

256-Color Display on SVGA Monitors

Apart from mode 19 (13h), SVGA adapters provide 256-color display modes of higher resolutions depending on the size of display RAM on each SVGA adapter. For

example, the highest resolution supported by a SVGA adapter with 256 KB display RAM is 640×480 pixels. If the size of display RAM is 512 KB, the highest resolution is 800×600 pixels. For 1 MB display RAM, the highest resolution is 1024×768 pixels.

However, as each brand of SVGA adapter has its own specification of interfaces, only the overview of SVGA adapter interface is described here.

As mentioned earlier, 256-color display at the resolution of higher than 320×200 pixels requires display memory of more than 1 bank (page). To display a pixel in 256-color mode at higher resolutions, the bank number of memory in which that pixel resides must be calculated first. The bank number is then stored into the bank selection register via an interface port. Finally, the memory addresses in the memory bank selected can be accessed, as illustrated in Fig. B.2. Please note that the port number to be used is vary for each brand of SVGA adapter.

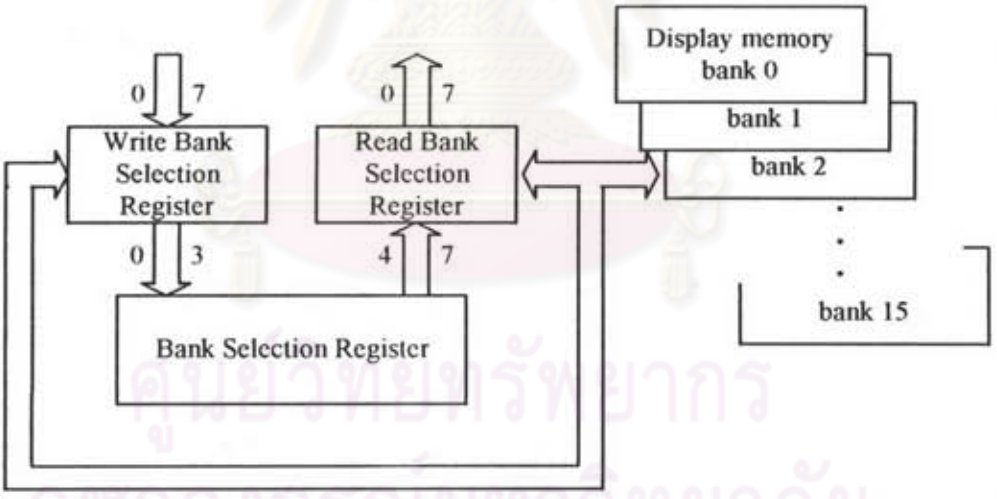


Fig B.2 Reading/writing a byte from/to display memory of a SVGA monitor

Each byte in the display memory of SVGA monitor represents the index to a color in DAC. The digital data are converted to be analog by DAC before sent to the monitor, like 256-color display on VGA monitor as illustrated in Fig. B.3. It is noted that the display

memory of VGA monitor is the bank 0 of display memory of SVGA monitor. This bank 0 resides on RAM of PC while other banks reside on SVGA adapter.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPENDIX C

A PAPER PUBLISHED IN

NATIONAL COMPUTER SYMPOSIUM 1994 PROCEEDINGS [1]

การรับข้อมูลรูปภาพสีโดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ

ประดิษฐ์ ภิญโญภาสกุล นงลักษณ์ โควาวิสารัช

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ. พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Getting Color Images Using a Black-and-White Image Input Device

Pradit Pinyopasakul Nongluk Covavisaruch

Department of Computer Engineering, Chulalongkorn University

Phayathai Rd., Prathumwan, Bangkok 10330

Email: g36ppy@chulkn.chula.ac.th Email: fengncv@chulkn.chula.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากอุปกรณ์รับภาพขาวดำยังคงมีราคาถูกกว่าอุปกรณ์รับภาพสีอยู่มาก จึงทำให้เกิดความคิดที่จะนำอุปกรณ์รับภาพขาวดำมาใช้รับข้อมูลรูปภาพสีขึ้น โดยอาศัยความรู้ที่ว่า สีที่มนุษย์มองเห็นเกิดจากการผสมกันของแม่สี 3 สี อันได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ที่มีระดับความสว่างต่าง ๆ กันไป ทำให้เกิดแนวความคิดในการนำอุปกรณ์เพิ่มเติม และชุดคำสั่ง เข้ามาใช้ประกอบกับอุปกรณ์รับภาพขาวดำ เพื่อให้สามารถหาระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีจากรูปภาพสีต้นฉบับได้ ในบทความนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนวิธีในการรับข้อมูลรูปภาพสี และวิธีการสร้างภาพสี บนพื้นฐาน 2 ประการ คือ ความใกล้เคียงของสี และเวลาที่ใช้ในการประมวลภาพที่ไม่นานจนเกินไป ผลจากการวิจัยเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง และทำให้ได้

---

[1] Pradit Pinyopasakul and Nongluk Covavisaruch, "Getting color images using a black-and-white image input device," Paper presented at the 1st National Computer Symposium, Bangkok, 1 April 1994.

ระบบการรับข้อมูลรูปภาพสีโดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำที่ให้ภาพสีผลลัพธ์ที่มีสีสอดคล้องกับรูปภาพสีต้นฉบับ แต่ยังคงมีความเพี้ยนของสีอยู่ ขณะนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาวิธีการให้ดีขึ้นต่อไปเพื่อให้ได้ภาพสีผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับรูปภาพสีต้นฉบับมากขึ้นกว่านี้

Abstract

As black-and-white image input devices are cheaper than color ones, it lighted up our idea of Color Image Input Using a Black-and-White Image Input Device. On the basis of the fact that the colors that human sees are actually the results of the mixing of three additive colors: red, green, and blue, we designed to use additional tools and an application software to assist the black-and-white image input device to get the intensity of each additive color from a source color picture. In this paper, we propose our design of the procedure and tools to get color information from source color pictures and also the color image generation out of those information on the ground of 2 things: similarity of colors and acceptable time consumption. The result of this research is quite satisfactory and we created a tool of acquiring color images by using a black-and-white image input device. Presently, the research of this topic is being taken with the aim to get higher degree of similarity between the result color images and the source color pictures.

1. บทนำ

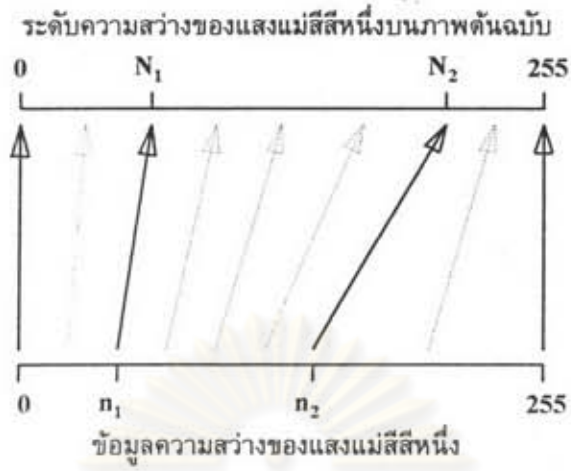
จากการที่สีที่มนุษย์มองเห็นเกิดจากการผสมกันของแสงแม่สี 3 สี อันได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ที่มีระดับความสว่างต่าง ๆ กันไป หากเราทราบระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีบนรูปภาพสีต้นฉบับ จะทำให้เราสามารถสร้างภาพสีขึ้นมาได้ และจากการที่ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากอุปกรณ์รับภาพขาวดำมีลักษณะเป็นระดับความเทาซึ่งมีระดับความสว่างของแสงแม่สีทุกสีเท่ากัน หากเราสามารถทำให้ข้อมูลเข้าของอุปกรณ์รับภาพขาวดำมีแต่เพียงแม่สีแต่ละสีเท่านั้นได้ ระดับความเทาบนภาพผลลัพธ์ที่ได้จากอุปกรณ์รับภาพขาวดำจะเป็นภาพผลลัพธ์ของระดับความสว่างของแสงแม่สีนั้น ๆ ซึ่งหากเราสามารถหาฟังก์ชันการโอนย้ายจากระดับความเทากลับไปเป็นระดับความ-สว่างของแสงแม่สีแต่ละสีได้ โดยการรับภาพ 3 ครั้ง จะทำให้ได้ข้อมูลภาพที่เป็นระดับความสว่างของแสงแม่สีทั้ง 3 สีบนภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้สร้างเป็นภาพสีขึ้นมาได้ อย่างไรก็ดี เราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมเข้ามาช่วยในการทำให้ข้อมูลเข้าของอุปกรณ์รับภาพขาวดำมีแต่เพียงแสงแม่สีที่เรา

ต้องการเท่านั้นได้ จึงจำเป็นต้องหาคุณสมบัติของอุปกรณ์เพิ่มเติมที่นำมาใช้ และออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อการหาระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีของภาพต้นฉบับ นอกจากนี้ ยังต้องออกแบบวิธีการเลือกสรรสีที่จะนำมาใช้สร้างเป็นตารางสีของภาพสีผลลัพธ์ขึ้นมาด้วย

2. การใช้แผ่นกรองแสงแม่สีช่วยในการหาระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีของภาพสีต้นฉบับ โดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ

อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ผู้วิจัยนำมาใช้ช่วยในการหาระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีของภาพสี คือ แผ่นกรองแสงแม่สีแต่ละสี รวม 3 แผ่น และแผ่นเทียบสี (Calibration Card) ซึ่งหากแผ่นกรองแสงแม่สีที่นำมาใช้มีคุณสมบัติตามอุดมคติ กล่าวคือ ยอมให้แสงแม่สีสีเดียวกันกับตัวมันเองผ่านไปได้เท่านั้นอย่างสมบูรณ์ เราจะสามารถหาฟังก์ชันการโอนย้าย (Transfer Function) จากระดับความเทากลับไปเป็นระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีได้โดยตรง แต่ในความเป็นจริง แผ่นกรอง-แสงสีจะมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามอุดมคติอย่างน้อย 2 ประการ ได้แก่ การยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้ และมีการลดทอนความสว่างลง การหาระดับความสว่างของแสงแม่สีของภาพสีต้นฉบับ จึงสามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ การละเลยความไม่เป็นอุดมคติบางประการของแผ่นกรองแสงแม่สี และการสนใจผลกระทบจากความไม่เป็นอุดมคติของแผ่นกรองแสงสี ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในแนวทางแรก โดยการละเลยความไม่เป็นอุดมคติบางประการของแผ่นกรองแสงแม่สีไปแล้ว และกำลังดำเนินการวิจัยในแนวทางที่สอง เพื่อให้ได้ภาพสีผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับภาพสีต้นฉบับมากขึ้น

ในการวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้เลือกสรรแผ่นกรองแสงแม่สีที่ยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้น้อยที่สุด เพื่อให้เราสามารถละเลยความไม่เป็นอุดมคติประการแรก คือ การยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้ จะสามารถหาคุณสมบัติการลดทอนความสว่างของแผ่นกรองแสงแม่สีแต่ละสีในระบบได้โดยการทดลองรับภาพของแผ่นเทียบสีขาวดำ เมื่อใช้แผ่นกรองแสงแม่สี และไม่ใช้แผ่นกรองแสง-แม่สี มาเปรียบเทียบกัน เมื่อใช้วิธี การประมาณในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear Interpolation) จะสามารถสร้าง ฟังก์ชันการโอนย้าย จากข้อมูลความสว่างเมื่อใช้แผ่นกรองแสงแม่สีไปยังความสว่างจริงของภาพต้นฉบับได้ ยกตัวอย่างเช่น ในการใช้แผ่นเทียบสีขาวดำที่มี 2 แถบสีเทา ซึ่งมีระดับความ-เทาเป็น N1 และ N2 จะได้ข้อมูลภาพเมื่อใช้แผ่นกรองแสงแม่สีสีหนึ่งมีระดับความเทา เป็น n1 และ n2 ตามลำดับ และทำให้ได้ฟังก์ชันการโอนย้ายสำหรับสีนั้นเป็น 3 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งในที่นี้สมมติให้ภาพขาวดำที่ได้มี 256 ระดับความเทา (0-255)



รูปที่ 1 แสดงการทำการประมาณในช่วงแบบเชิงเส้นเพื่อหาระดับความสว่างของแสงแม่สีของภาพต้นฉบับ

การใช้การประมาณในช่วงแบบเชิงเส้นในกรณีนี้มีความเหมาะสม เนื่องจากอุปกรณ์รับ-ภาพและอุปกรณ์แสดงภาพในอุดมคติจะตอบสนองต่อระดับความเทาของภาพเป็นแบบเส้นตรง แต่ในความเป็นจริง เส้นการตอบสนองของอุปกรณ์รับภาพและอุปกรณ์แสดงภาพจะเป็นเส้นโค้ง [7] เมื่อเราแบ่งเส้นโค้งออกเป็นช่วงย่อย ๆ ยิ่งจำนวนช่วงยิ่งมาก ความคลาดเคลื่อนในการประมาณเส้นโค้งเป็นเส้นตรงจะยิ่งลดลง ดังในรูปที่ 2

ในกรณีที่แผ่นเทียบสีขาวดำมีจำนวนแถบสีเทามากขึ้น การประมาณเส้นโค้งเป็นเส้นตรงจะให้ค่าที่ใกล้เคียงยิ่งขึ้น

รูปที่ 2 แสดงการลดลงของความคลาดเคลื่อน ในการประมาณเส้นโค้งเป็นเส้นตรงเมื่อแบ่งเส้นโค้งออกเป็นช่วงย่อย ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การเลือกแผ่นกรองแสงสีมาใช้งาน

แผ่นกรองแสงสีที่เลือกนำมาใช้งานมีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพสีผลลัพธ์เป็นอย่างมาก แผ่นกรองแสงสีที่ดีควรจะยอมให้แสงแม่สีสีเดียวกันกับตัวมันเองผ่านไปได้มาก แต่ยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้น้อย หรือไม่ยอมให้ผ่านไปได้เลย เนื่องจากหากแผ่นกรองแสงสีที่นำมาใช้มีความทึบแสงสูงจะทำให้มีการสูญหายของข้อมูลมาก หรือในกรณีที่เราละเลยความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้ ยิ่งแสงแม่สีสีอื่นที่ผ่านไปได้มีปริมาณมากเท่าใด สีของภาพผลลัพธ์จะยิ่งเพี้ยนไปจากความเป็นจริงมากขึ้นเท่านั้น

4. การสร้างตารางสีสำหรับภาพสีผลลัพธ์

ตารางสีที่นำมาใช้กับภาพสีผลลัพธ์ เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของภาพสีผลลัพธ์ เพราะตารางสีที่ดีควรจะสามารถใช้แสดงสีส่วนใหญ่ของภาพได้ แม้ว่าขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีของภาพต้นฉบับจะดีเพียงใด หากตารางสีที่นำมาใช้กับภาพสีผลลัพธ์ไม่เหมาะกับภาพสีผลลัพธ์นั้น จะทำให้เกิดการประมาณของสี โดยการเลือกสีที่ใกล้เคียงมาใช้แทนเป็นจำนวนมาก สีบนภาพสีผลลัพธ์จะมีความเพี้ยนสูง สำหรับวิธีการสร้างตารางสีสามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ การใช้ตารางสีแบบตายตัว และการใช้ตารางสีที่แปรเปลี่ยนไปตามลักษณะสีของภาพต้นฉบับ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในแนวทางแรกโดยการใช้ตารางสีแบบตายตัวไปแล้ว และกำลังดำเนินการวิจัยในแนวทางที่สอง เพื่อให้ได้ภาพสีผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับภาพสีต้นฉบับมากขึ้น

ตารางสีแบบตายตัว คือ ตารางสีที่ได้ออกแบบเอาไว้ก่อนและใช้กับภาพผลลัพธ์ทุก-ภาพ หลักการในการสร้างตารางสีแบบตายตัวที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ การแบ่งระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีออกเป็นหลายระดับ โดยให้แต่ละสีมีจำนวนระดับเท่ากันและแต่ละระดับมีความห่างเท่า ๆ กัน แล้วจึงทำการรวมระดับความสว่างที่ใช้ทุกระดับเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมด เนื่องจากตารางสีที่ใช้ในการวิจัยนี้มีขนาด 256 สี จำนวนระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีที่ใช้จึงเป็น 6 ระดับ และใช้สีในตารางสีจริง ๆ 216 สี (6^3 สี)

5. คุณภาพของภาพสีผลลัพธ์กับความเร็วในการประมวลภาพ

คุณภาพของภาพสีผลลัพธ์กับความเร็วในการประมวลภาพ ต่างเป็นสิ่งที่ผู้ใช้งานต้องการ หากแต่สองสิ่งนี้ในบางครั้งไม่ได้ไปด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น การละเลยความไม่เป็นอุดมคติบางประการของแผ่นกรองแสงแม่สีออกไป จะทำให้เวลาที่ใช้ในการประมวลภาพน้อยลง แต่สีที่ได้ก็ย่อมจะมีความเพี้ยนไปจากสีของภาพต้นฉบับบ้าง ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการชั่งความสำคัญระหว่าง เวลาที่ใช้เพิ่มขึ้น กับ คุณภาพของภาพสีผลลัพธ์ว่า สิ่งใดจะคุ้มค่ากว่ากัน ยกตัวอย่างเช่น หากเราใช้กระดาษแก้วสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นแผ่นกรองแสงแม่สี เนื่องจากกระดาษแก้วมีคุณสมบัติดีพอสมควร กล่าวคือ ยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้น้อย เราจึงอาจละเลยความไม่เป็นอุดมคติประการแรก คือ การยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้

6. ผลการวิจัย

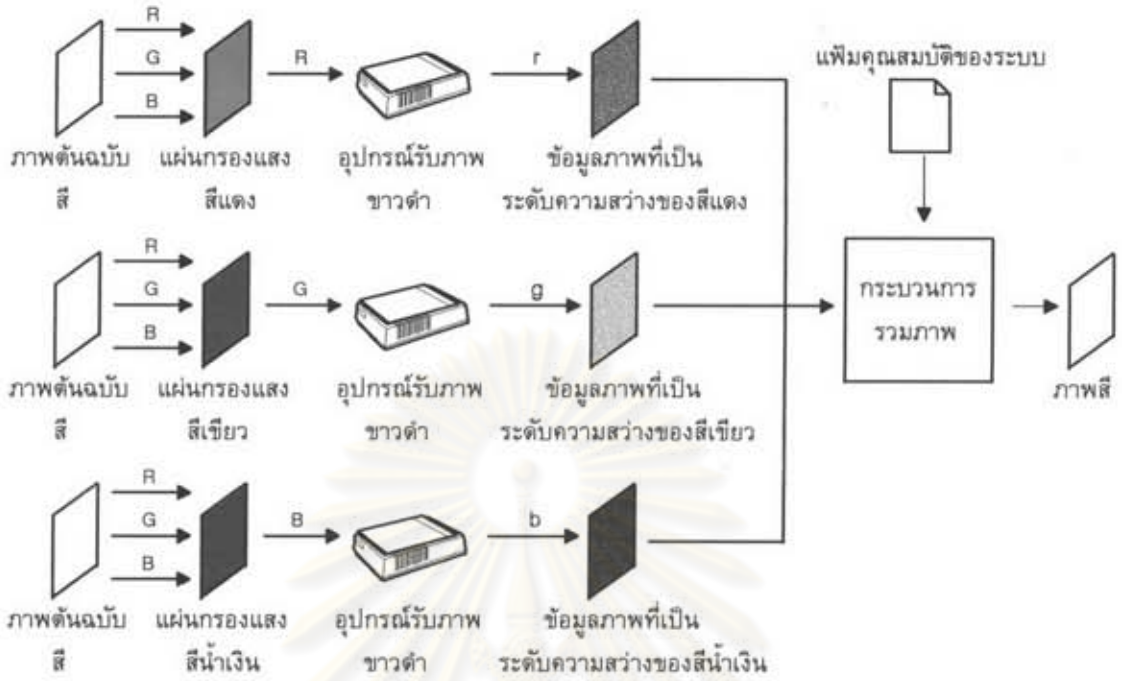
เมื่อออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับหาคุณสมบัติของอุปกรณ์เพิ่มเติมที่นำมาใช้ ขั้นตอนวิธีเพื่อการหาระดับความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีของภาพต้นฉบับ และวิธีการเลือกสรรสีมาใช้สร้างตารางสีของภาพผลลัพธ์ขึ้นมาแล้ว จึงสามารถออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบได้ดังนี้

เมื่อเริ่มใช้งานระบบครั้งแรก (ระบบในที่นี้หมายถึงอุปกรณ์รับภาพขาวดำ และแผ่นกรองแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน) จะต้องทำการหาคุณสมบัติของระบบเก็บเอาไว้ก่อน โดยทำการรับภาพแผ่นเทียบสี 3 ครั้ง โดยใช้แผ่นกรองแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ แล้วนำภาพทั้ง 3 ภาพไปผ่านกระบวนการหาคุณสมบัติของระบบ ซึ่งจะได้คุณสมบัติของระบบเก็บเอาไว้ในแฟ้มคุณสมบัติของระบบ

เมื่อต้องการรับข้อมูลภาพสีเพื่อนำไปสร้างภาพสี ผู้ใช้งานระบบจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนดังในรูปที่ 3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. รับภาพขาวดำของภาพต้นฉบับ 3 ภาพ โดยใช้แผ่นกรองแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ โดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ ซึ่งจะได้ข้อมูลภาพที่เป็นความสว่างของแสงแม่สีแต่ละสีมา 3 ชุด
2. นำภาพขาวดำทั้ง 3 ภาพไปผ่านกระบวนการรวมภาพ โดยใช้แฟ้มคุณสมบัติตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในการหาสีของภาพ จะได้ผลลัพธ์เป็นภาพสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบต้นแบบโดยย่อ

7. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลที่ได้จาก ระบบต้นแบบการรับข้อมูลภาพสีโดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ พบว่าภาพสีที่ได้มีสีสอดคล้องกับภาพสีต้นฉบับ แต่ยังคงมีความเพี้ยนของสีอยู่ เนื่องจากปัญหา 2 ประการ คือ

1. ตารางสีที่ใช้ยังคงเป็นตารางสีที่ตายตัว ไม่สามารถแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะสีของภาพได้ จึงไม่เหมาะที่จะนำระบบเดิมไปใช้กับภาพที่มีการไล่น้ำหนักสี (tone) ในนามรงค์ (hue) เดียวกันมาก ๆ
2. การละเลยคุณสมบัติที่ว่า แผ่นกรองแสงแม่สีแต่ละสีในความเป็นจริง ยอมให้แสงแม่สีสีอื่นผ่านไปได้ด้วย ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีโอกาสที่จะเกิดความเพี้ยนได้มาก

ขณะนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยต่อเนื่อง และปรับปรุงวิธีการ ให้สามารถแก้ปัญหาทั้ง 2 ประการได้ เพื่อให้ได้ภาพสีผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับภาพสีต้นฉบับมากขึ้น

8. ตัวอย่างเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากเครื่องกราดวิเคราะห์สี กับภาพสีผลลัพธ์ที่ได้จากระบบต้นแบบ*

ภาพสีที่ได้จากเครื่องกราดวิเคราะห์สี

ภาพสีผลลัพธ์ที่ได้จากระบบต้นแบบ

* The flower images were from a calendar. The girl images were from a magazine

หมายเหตุ: เนื่องจากในการพิมพ์ภาพทั้ง 4 ภาพนี้ ใช้เครื่องพิมพ์ HP PaintJet XL จึงมีความเพี้ยนของสีไปจากสีที่เห็นบนจอภาพ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องพิมพ์ดังกล่าวที่ไม่อาจแสดงสีได้ถึง 256 สีจริง ๆ จึงจำเป็นต้องใช้การประมาณสีแบบ dithering เข้าช่วย

บรรณานุกรม*

[1] Pradit Pinyopasakul, Getting color image using a black-and-white scanner. Bachelor's Project Report, Department of Computer Engineering, Chulalongkorn University, 1993.

[2] Billmeyer, F. W. Jr., and Saltzman, M. Principles of Color Technology. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1981, pp. 37-46.

[3] Foley, J.D., Dam, A.V., Feiner, S.K., and Hughes, J.F. Computer Graphics Principles and Practice. 2nd ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1990, pp. 575-578.

[4] Gonzalez, R.C., and Woods, R.E. Digital Image Processing. Massachusetts: Addison-Wesley, 1992, pp. 237-245.

[5] Lim, J.S., Two-Dimensional Signal and Image Processing. New Jersey: Prentice-Hall, 1990, pp. 410-443, 451-468, 511-512.

[6] Thorell, L.G., and Smith, W.J. Using Computer Color Effectively. New Jersey: Prentice-Hall, 1990, pp. 203-207.

[7] Wegner, T., Image Lab. California: Waite Group Press, 1992, pp. 79-81, 108-109.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* This page is a part of Appendix C, not the reference page of this thesis.

BIOGRAPHY

Mr. Pradit Pinyopasakul was born in Bangkok, Thailand, on 3rd November, 1970. After finishing his Bachelor's degree in Computer Engineering at Chulalongkorn University in 1993, he continued his study for the Master's degree in Computer Engineering at the same university. During his first year of graduate study, he worked at the System Management Division, the Stock Exchange of Thailand (SET) as a system engineer. He has been a permanent member of the Computer Association of Thailand Under the Royal Patronage of His Majesty the King (CAT) since 1994. He received scholarships from the Foundation for Education and Research in Computer Science in 1990 and 1992, and from the National Science and Technology Development Agency (NSTDA) in 1994. His research was awarded the Outstanding Information Technology Project Prize and his paper was published in the Proceedings of the National Computer Symposium (NCS) in 1994.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย