J. fash. bus. Vol. 20, No. 4:50-71, Sep. 2016
http://dx.doi.org/10.12940/jfb.2016.20.4.50

ISSN 1229-3350(Print)
ISSN 2288-1867(Online)

디지털 전사날염으로 프린트 된 QR코드의 인식률 연구

-필라멘트 직물의 섬도와 색의 변화를 중심으로-

박서린 · 김종준†
이화여자대학교 의류학과

Study on the Recognition Rate of Printed QR Codes by Digital Transfer Textile Printing

-Focused on Changes in the Fineness and Color of Filament Textile-

Suhrin Park · Jongjun Kim†
Dept. of Clothing and Textiles, Ewha Womans University

Abstract

This study analyzed the recognition rate of QR codes printed by digital transfer textile printing for mobile application. The purpose was to identify conditions that increase recognition rates of QR codes printed on textile, in order to increase utility of QR codes in the textile and fashion industries. The study focused on differences in the color of the QR codes and denier, which is a unit of textile fineness measurement, of the textile on which the QR codes were printed. And the recognition rates of QR codes according to the color and denier were analyzed. According to the result of this study, the colors of QR codes had an effect on the recognition of the codes by mobile applications. Specifically, strong contrast, i.e., bright background and relatively dark module, increased the recognition rate of the QR codes. Digital transfer textile printing tend to change the hue of red and yellow and increase brightness, and change in the printed colors also had an effect on the recognition rate of QR codes. There was a clear difference in the color and recognition rate of the printed QR code according to the denier of the textile, and this suggests denier has an effect on the recognition rate. The findings in this study can provide basic data for future research on QR codes digital printed on textile.

Keywords : QR code(QR코드), color QR code (컬러 QR코드), digital transfer textile printing (디지털 전사 날염), design QR code (디자인 QR코드)

†Corresponding author: Jongjun Kim, Tel.+82-2-3277-3102, Fax.+82-2-3277-3079
E-mail : jjkim@ewha.ac.kr

I. 서 론

QR코드의 QR은 'Quick Response'라는 의미로 1994년 일본의 덴소 웨이브(Denso Wave)에서 개발한 2차원 바코드의 명칭이다(Kim, Cha, Ban, & Park, 2011). 바코드 데이터를 가로, 세로 양방향으로 배열하여 정보의 저장량이 크며(Shin, & Lee, 2014), QR코드를 생성하거나 읽을 수 있는 스마트폰 애플리케이션(application)이 다양하게 개발되어 전문가가 아니더라도 QR코드의 사용이 쉽다는 장점이 있다.

표준 QR코드의 경우 흰색의 배경과 검은색의 모듈(module)을 활용하는데 QR코드는 IT기술과 접목하였을 때 높은 활용성을 가지지만, QR코드 단독으로는 바로 내재한 정보를 습득하기가 힘들고, 다른 디자인과 조화를 이루기가 힘들 수 있으므로 최근에는 시각적인 요소들이 접목된 디자인 QR코드의 활용이 다양해지고 있다. 디자인 QR코드는 주로 브랜드의 정체성을 표현하기 위해 로고 이미지, 사진, 색 등을 적용한 경우가 많은데 기술과 디자인이 접목되어 시각적인 요소를 중요시하는 분야에서의 활용성이 높다(Park, 2011).

섬유·패션 산업에서의 QR코드는 활용성의 측면으로 볼 때 QR 코드의 정보전달 기능을 활용한 사례와 시각적 이미지를 활용한 사례로 크게 나누어 볼 수 있다. 정보전달 기능을 활용한 사례는 일본 (주)daidoh limited의 의류생산용 QR코드처럼 출하 오류 방지 및 물류 시스템을 위한 QR코드(Kim, Cha, Ban, & Park, 2011)와 미아·실종 방지용으로 QR코드를 패션에 적용한 해피랜드 F&C의 스마트유아복("Smart baby clothes release," 2013) 등을 예로 들 수 있고, QR코드의 시각적 이미지를 활용한 사례는 Threadless가 QR코드의 시각적 요소를 홍보의 목적으로 티셔츠에 프린트한 QR티셔츠("Augmented Reality" QR Code T-shirt," 2010)와 QR코드의 이미지를 패턴처럼 사용한 Vivienne Tam의 2013년 F/W 컬렉션("The QR Code Makes a Fashion Week Appearance," 2013)을 예로 들 수 있다.

디자인 QR코드의 경우 QR코드의 높은 오류 복원 기능에도 불구하고 표준 QR코드보다 인식률이 떨어지는 가능성이 있고, 모든 색을 활용하기 어렵다는 단점을 가지고 있다(H. Kim, 2011). 하지만, 일본 덴소 웨이브의 조사에 따르면 디자인 QR코드가 호감도와 접근성을 높여서 마케팅 효과를 높이는 것으로 나타났고(Park, 2011), Lee(2013)의 연구에 따르면 표준 QR코드보다 시각적 요소가 첨부된 디자인 QR코드가 주목성이 높아서 QR코드의 정보 저장성, IT 환경에서의 다양한 실용성 등의 장점을 부각하는데 도움이 된다고 한다.

따라서 본 연구에서는 섬유·패션 산업에 활용할 수 있는 디자인 QR코드의 연구에 중점을 두어 직물에 적용되는 디자인 QR코드 중 시각적 이미지에 영향을 줄 수 있는 섬유의 굵기를 의미하는 섬도의 단위인 데니어와 색을 변화 요인으로 선정하여 연구를 진행하였다. 데니어의 요인은 4종류의 다른 데니어 시료를 선정하여 디지털 전사 날염 프린트를 하고 시료별 인식률의 차이를 비교하여 데니어의 영향을 파악하였다. 색상의 요인은 색상별 QR코드 조합 파일을 만들어 디지털 전사 날염 프린트를 한 후 시료에 프린트된 QR코드의 색을 측정한다. 측정된 색상 데이터는 그레이 스케일(gray scale)화하여 색 조합별 명도와 인식률을 비교하여 색이 QR코드에 영향을 미치는지에 대해 실험하였다. 특히 QR코드의 바탕과 모듈 색의 명도 차이가 인식률에 미치는 영향을 중심으로 분석하였다. 본 연구는 위의 두 가지 요인으로 변화되는 결과를 비교하여 직물에 디지털 프린트되는 QR코드의 활용성을 높이는 데 의의를 두고 있다.

II. 실험

1. QR코드

QR코드의 제작은 http://mqr.kr 사이트에서 '직물 소재별 QR코드 연구'라는 텍스트를 넣어서 제작하였다. Table 1처럼 오류복원레벨 L(약 7%)을 공통으로 적용하고 모서리스타일, 모듈의 분리연결 여부에 변화를 준 3종류의 파일을 PSD 포맷으로 제작하

Table 1. QR Code Image Chart

No.	Image	Option
QR1		Error correction level of L (7%), Rounded corners 0, Independent modules, Maximum symbol size 400, Maximum module size 10
QR2		Error correction level of L (7%), rounded corners 10, Group modules, Corner Rounding (Radius), Join Style, Maximum symbol size 400, Maximum module size 10
QR3		Error correction level of L (7%), rounded corners 10, Independent modules, Maximum symbol size 400, Maximum module size 10

Table 2. QR Code Color Chart

Name	Color	CIE L*a*b*		
		L*	a*	b*
White		96.54	-0.43	1.19
Neutral 8		81.26	-0.64	-0.34
Neutral 5		50.87	-0.15	-0.27
Black		20.46	-0.08	-0.97
Red		42.1	53.38	28.19
Green		55.26	-38.34	31.37
Blue		28.78	14.18	-50.3
Cyan		51.04	-28.63	-28.64
Magenta		51.94	49.99	-14.57
Yellow		81.73	4.04	79.82

였다. 프린트 파일의 제작 시 픽셀(pixel) 단위의 계산이 쉬운 1인치가 254픽셀로 구성되는 254dpi 해상도의 파일을 픽셀의 변화가 없도록 크기 조절 없이 사용하였다(S. Park, 2002). 프린트용 파일의 제작에는 Adobe Photoshop CS6 버전이 사용되었다.

2. QR코드 색상

색상은 그래픽, 인쇄, 전자출판 등의 분야에서 사용되는 X-rite사의 Macbeth Color Checker Chart의 표준 컬러 중 White, Neutral 8, Neutral 5, Black, Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow 등의 10색을 기본색으로 선정하였다. 선정된 색을 QR코드 생성 인터넷 사이트에 적용하여 QR코드를 제작하였고, Epson Sure Color F7000 프린터로 프린트 후 180℃ 온도로 50초간 전사 날염하였다. 프린트된 직물의 색상 측정은 NCS Color Scan 2.0을 이용하여 D65, 2°로 측정하였으며, NCS의 색상 비교는 NCS Navigator를 활용하였다.

3. 시료 선정

Table 3과 같이 100% 폴리에스터 필라멘트사를 경위사로 사용한 평직의 폴리에스터 직물을 시료로

사용하였다. 직물을 구성하는 필라멘트 사의 섬도의 영향을 파악하기 위해 경위사의 데니어를 30, 50, 75D로 달리한 시료를 선정하였다. 또 소광제(quencher) 함량에 따른 색상의 변화를 확인하기 위하여 일반적으로 사용하는 SD(Semi-dull, TiO_2 0.3% 혼입) 타입의 폴리에스터 필라멘트(30, 50, 75D)와 FD(Full-dull, TiO_2 1.0% 혼입) 타입의 50D 폴리에스터 필라멘트 직물을 추가하여 비교하였다. 시료의 설명 중 일반적으로 사용하는 SD 타입의 기재는 향후 생략하고 FD 타입만 기재하였다. 직물 무게 측정에는 전자저울(A&D, Model FR-200)을 사용하였고, 두께의 측정에는 두께 측정기(Hanwon, Model HS-046)를 사용하였다.

4. 측정 어플리케이션의 선정

QR코드 기술 표준에 따르면 QR코드의 테스트 이미지의 획득에는 빛의 조명은 45도 투사각과 함께 적어도 두 면으로부터 QR코드의 영역에 같이 비추고 측정은 표준 프레임 캡처 장비를 사용하여 측정되어야 한다(Korean Agency for Technology and Standards, 2007). 따라서 조명은 5파장 형광등을 사용하였고, 프린트된 컬러 QR코드 측정은 Table 4와 같이 스마트폰 애플리케이션 5종류를 무작위로 선정하였다. 사용된 스마트폰은 1,600만 화소의 삼성 갤럭시 노트 5가 사용되었으며, QR코드 애플리케이션의 인식화면에 맞추어 10cm의 측정 거리와 15초간의 측정시간을 기준으로 측정하였다. 본 연구에서는 모바일 Android용 애플리케이션으로 제한하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. QR코드의 인식률 측정 및 평가

바코드의 인식 알고리즘에 따르면 카메라로부터 인식된 컬러 이미지는 RGB 값으로 1,600만 색상

Table 3. Specification of Fabric Samples

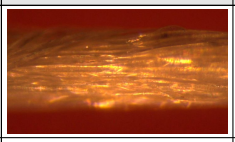
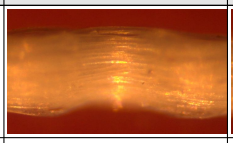
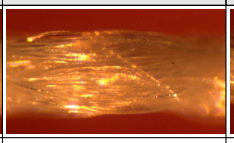
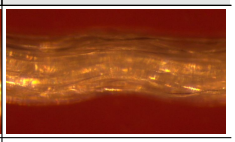
Denier	75D(SD)	50D(FD)	50D(SD)	30D(SD)
Image				
Filament Spec	75D/72F	50D/48F	50D/48F	30D/48F
Thread count, threads/inch	132 X 99	175 X 127	165 X 116	216 X 152
Weight, g/㎡	862.8	627.5	639.4	481.5
Thickness, mm	0.130	0.089	0.085	0.056

Table 4. QR Code Application Chart

No	Application Name	Developer
1	Denso Wave QR Scan	https://www.arara.com , support-q@arara.com
2	QR & Barcode Reader	Mobile Essentials2, androidshortcuts@gmail.com
3	QR Droid Code Scanner	http://qrdroid.com, info@droid.la
4	QR Code Scanner	TWMobile, iapp0806@gmail.com
5	QR Barcode Scanner	VillaCat , villacat2013@gmail.com

값을 가지므로 인식과정에서 바코드 영역을 그레이 스케일(gray scale)로 변환한다(Kim, 2015). QR코드 기술표준에 따르면 모듈을 읽어 부호로 변환된 데이터를 읽는 디코드화(decode) 단계에서 어두운 모듈은 이진수 1, 밝은 영역은 이진수 0으로 명암으로 모듈을 인식하며 표준 QR코드의 경우 배경은 밝게, 모듈은 어두운색을 사용한다(Korean Agency for Technology and Standards, 2007).

본 연구에서는 색상과 데니어가 QR코드의 인식률에 영향을 주는 요소임을 분석하기 위해 색상의 경우 그레이 스케일로 변경해서 QR코드를 측정하는 알고리즘 이론을 기반으로 QR코드 인식률에서 색상의 영향을 분석하였으며, 밝고, 어두운 모듈을 인식하는 인식 알고리즘 이론을 기반으로 배경 색상과 모듈 색상의 명암의 차이가 인식률에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 데니어는 데니어의 영향이 인식률의 변화를 가져오는지에 대해 연구하기 위해 색상별 측정, 색상의 무채색 변화 후 측정, 데니어별 측정 단계를 통해 인식률의 변화를 살펴보았다. 색상은 CIE L*a*b*값과 NCS 값으로 측정하였고, 그레이 스케일 계산 공식에 의해 흑백으로 색상 값을 변경하여 비교 분석하였다. 사람이 그레이 스케일을 인식하는 과정에서 모든 색상을 동일하게 인식하는 것이 아니라 녹색을 더 민감하게 인식하게 된다. 따라서 색상을 감지하는 밝기 정보에 따라 가중치를 두어 RGB의 값에 차등을 두어 계산하는 Gray = (Red * 0.2126 + Green * 0.7152 + Blue * 0.0722)의 계산식을 사용하였다("Seven gray scale conversion algorithms", 2011).

2. QR코드의 색상 및 색차 측정

기본색과의 시료의 색차는 CIE L*a*b* formula에 의해 구하였는데(S. Kim &K. Choi, 2012) Table 5를 참고하면 75D 시료의 최대는 28.53인 Yellow이고 최소는 2.03인 Neutral 5이었다. 기본색과 색차(ΔE)는 평균 14.28이었다. 50D(FD) 시료의 최대는 29,34인 Red였고, 최소는 6.49인 Neutral 8이었다. 광택이 없는 FD(full dull) 시료의 경우 같은 50D 시료보다 색 차이가 크게 나타났다. 기본색과 색차(ΔE)는 평균 17.63이었다. 50D 시료의 최대 29.34인 Red였고, 최소는 6.49인 Neutral 8이었다. 기본색과 색차(ΔE)는 평균 16.23이었다. 30D 시료의 최대는 29.34인 Red였고, 최소는 8.27인 Neutral 8이었다. 기본색과의 색차는 평균 18.26이었다. 전체적으로 보았을 때 데니어가 작을수록 색차가 크게 나타났다.

3. QR코드의 명암 측정

http://www.easyrgb.com 사이트에서 측색기로 측색한 CIE L*a*b*값을 RGB로 변경한 후 그레이 스케일 계산식에 의해 무채색으로 변경하였다. Table 6에서 무채색 평균을 비교하면 기본색은 129.89, 75D는 130.04, 50D(FD)는 152,74, 50D는 145.10, 30D는 147.65로 FD 타입 시료인 50D(FD)를 제외하면 30D> 50D> 75D>기본 색의 순으로 명도가 낮아져서 프린트하지 않은 기본색보다 전사 날염 프린트가 전반적으로 명도가 높게 나타났다. 이는 Park and Kim(2015)의 연구결과에서 나타난 전사 날염 프린트 시료가 명도가 높아지는 현상과 동일하였다. 모든 시료의 그레이 스케일의 단계는 조금씩 변화가 있었는데 Table 6과 Table 7을 참고하면 75D 시료가 기본색과 가장 유사한 색과 명도 단계를 가지고 있었다.

4. QR코드의 인식률 측정

75D 시료의 평균 인식률은 QR2(42.22%)> QR1(35.56%)> QR3(32.67%)의 순서이다. 100% 인식률 개수는 QR1(17)> QR2(15)> QR3(12)의 순이고, 0%는 QR2= QR3(23)> QR1(18)의 순서이다. 형태별 인식률에서는 QR1의 100% 인식률 개수가 많았지만, 전반적으로는 QR2 형태의 인식률이 가장 높았다. Table 8에서 배경과 모듈 색의 인식률 단계를 Table 6의 명도 단계와 비교해 보았을 때 명도 단계와 인식률이 비례하지 않았지만, 배경 색의 명도가 높고, 모듈 색의 명도가 낮을수록 인식률이 높아짐을 확인하였다.

Table 5. Color Differences of Polyester Specimens According to QR Code Recognition.

Dewspo	Original Color			Sample	NCS Color				ΔE
	L*	a*	b*		NCS	L*	a*	b*	
White	96.54	-0.43	1.19	75D	S0520-R60B	85.38	4.65	-10.92	17.23
				50D(FD)	S0507-R60B	91.92	1.78	-4.14	7.39
				50D	S0515-R60B	87.61	3.83	-9.25	14.38
				30D	S0515-R60B	87.61	3.83	-9.25	14.38
Neutral 8	81.26	-0.64	-0.34	75D	S2010-R70B	76.17	0.62	-7.74	9.07
				50D(FD)	S1010-R70B	84.63	0.36	-5.8	6.49
				50D	S1510-R60B	80.82	2.45	-6.03	6.49
				30D	S2010-R60B	76.05	2.49	-5.95	8.27
Neutral 5	50.87	-0.15	-0.27	75D	S5502-B	50.26	-0.94	-2.04	2.03
				50D(FD)	S4005-R80B	61.38	-0.79	-4.39	11.31
				50D	S4502-B	57.94	-1.06	-2.48	7.46
				30D	S4005-R50B	60.94	2.19	-3.01	10.7
Black	20.46	-0.08	-0.97	75D	S7502-R	32.59	2.69	1.16	12.62
				50D(FD)	S6502-R	41.43	2.52	0.85	21.21
				50D	S7005-R20B	36.70	5.56	-0.66	17.19
				30D	S7005-R20B	36.70	5.56	-0.66	17.19
Red	42.10	53.38	28.19	75D	S4040-R	40.58	31.78	12.40	26.80
				50D(FD)	S3040-G20Y	50.59	31.36	10.76	29.34
				50D	S3040-R	50.59	31.36	10.76	29.34
				30D	S3040-R	50.59	31.36	10.76	29.34
Green	55.26	-38.34	31.37	75D	S3050-G20Y	54.29	-33.83	26.60	6.64
				50D(FD)	S3050-R70B	58.47	-28.38	22.65	13.62
				50D	S3040-G30Y	59.26	-24.49	27.22	15.00
				30D	S3040-G30Y	59.26	-24.49	27.22	15.00
Blue	28.78	14.18	-50.3	75D	S3060-R70B	34.44	22.74	-47.05	10.76
				50D(FD)	S3050-R70B	43.01	15.86	-39.12	18.17
				50D	S4040-R70B	40.06	11.64	-32.38	21.33
				30D	S4040-R70B	40.06	11.64	-32.38	21.33
Cyan	51.04	-28.63	-28.64	75D	S3040-B	53.16	-13.26	-24.35	16.10
				50D(FD)	S3030-B10G	59.63	-14.28	-14.93	21.63
				50D	S3030-B10G	59.63	-14.28	-14.93	21.63
				30D	S3030-B10G	59.63	-14.28	-14.93	21.63
Magenta	51.94	49.99	-14.57	75D	S2050-R40B	52.26	38.31	-20.19	12.97
				50D(FD)	S2040-R40B	60.19	27.84	-16.06	23.68
				50D	S2050-R40B	52.26	38.31	-20.19	12.97
				30D	S2040-R40B	60.19	27.84	-16.06	23.68
Yellow	81.73	4.04	79.82	75D	S2050-Y	70.99	-0.52	53.79	28.53
				50D(FD)	S1050-G90Y	82.72	-8.16	59.84	23.43
				50D	S1060-G90Y	80.97	-7.11	67.61	16.55
				30D	S1050-Y	83.37	-2.06	59.68	21.11
ΔE Average							75D		14.28
							50D(F/D)		17.63
							50D		16.23
							30D		18.26

Table 6. Gray Values converted from R, G, B values of Polyester Specimens

75D	Original Color				NCS Color				
	R	G	B	Grayscale	Sample	R	G	B	Grayscale
White	245.20	245.19	242.69	245.01	75D	212.47	211.34	233.87	213.21
					50D(FD)	231.62	231.02	239.69	231.77
					50D	218.71	217.97	237.08	219.51
					30D	218.71	217.97	237.08	219.51
Neutral 8	200.25	202.23	202.41	201.82	75D	181.89	188.02	201.94	187.72
					50D(FD)	206.58	211.44	222.03	211.17
					50D	200.02	199.6	211.81	200.57
					30D	187.04	186.44	198.4	187.43
Neutral 5	120.62	121.21	121.55	121.11	75D	116.17	120.21	122.96	119.55
					50D(FD)	142.82	148.91	155.8	148.11
					50D	135.1	139.95	143.44	139.17
					30D	148.58	145.99	152.32	147.00
Black	48.48	49.38	50.69	49.28	75D	81.81	75.19	74.90	76.58
					50D(FD)	102.61	96.31	96.39	97.66
					50D	94.98	83.41	87.52	86.17
					30D	94.98	83.41	87.52	86.17
Red	182.82	49.42	56.26	78.27	75D	147.94	73.12	76.90	89.30
					50D(FD)	174.88	98.49	103.54	115.10
					50D	174.88	98.49	103.54	115.10
					30D	174.88	98.49	103.54	115.10
Green	74.97	147.99	75.40	127.22	75D	80.36	143.90	82.12	125.93
					50D(FD)	101.09	152.97	99.74	138.10
					50D	115.08	153.24	93.55	140.82
					30D	115.08	153.24	93.55	140.82
Blue	0	65.76	146.65	57.62	75D	64.19	72.53	156.62	76.83
					50D(FD)	86.47	96.16	166.44	99.17
					50D	80.41	90.81	147.27	92.68
					30D	80.41	90.81	147.27	92.68
Cyan	0	136.72	169.56	110.02	75D	58.33	135.44	168.18	121.41
					50D(FD)	94.02	152.02	169.21	140.93
					50D	94.02	152.02	169.21	140.93
					30D	94.02	152.02	169.21	140.93
Magenta	192.31	85.93	149.95	113.17	75D	172.46	99.51	159.91	119.38
					50D(F/D)	180.82	128.18	173.82	142.67
					50D	172.46	99.51	159.91	119.38
					30D	180.82	128.18	173.82	142.67
Yellow	246.85	197.10	26.93	195.39	75D	201.12	171.40	71.69	170.52
					50D(FD)	224.96	207.62	88.38	202.70
					50D	223.82	201.96	64.62	196.69
					30D	237.1	205.89	91.07	204.24
	Grayscale Average			129.89	Grayscale Average			75D	130.04
								50D(F/D)	152.74
								50D	145.10
								30D	147.65

Table 7. Value scale of Samples

Sample	Value scale of Sample
Original	White>Neutral 8>Yellow>Green>Neutral 5>Magenta>Cyan>Red>Blue>Black
75D	White>Neutral 8>Yellow>Green>Cyan>Neutral 5>Magenta>Red>Blue>Black
50D(FD)	White>Neutral 8>Yellow>Neutral 5>Magenta>Cyan>Green>Red>Blue>Black
50D	White>Neutral 8>Yellow>Cyan>Green>Neutral 5>Magenta>Red>Blue>Black
30D	White>Yellow>Neutral 8>Neutral 5>Magenta>Cyan>Green>Red>Blue>Black

Table 8. Comparison Chart of 75D Sample's Background Color, Module Color and Gray Scale

Comparison	
Background Color	White>Neutral 8>Yellow>Neutral 5>Magenta>Green>Cyan>Black>Red>Blue
Module Color	Black>Blue>Red>Cyan>White= Neutral 5>Magenta>Neutral 8=Yellow
Gray Scale	White>Neutral 8>Yellow>Green>Cyan>Neutral 5>Magenta>Red>Blue>Black

Table 9. 100% and 0% Recognition Rate Analysis Chart of 75D Sample

Rate	Background	Grayscale	Module	Grayscale	Difference
100%	White	213.21	Black	76.58	136.63
			Red	89.30	123.91
			Green	125.93	87.28
			Blue	76.83	136.38
			Cyan	121.41	91.80
	Neutral 8	187.72	Black	76.58	111.15
			Red	89.30	98.42
			Blue	76.83	110.89
	Yellow	170.52	Black	76.58	93.94
			Red	89.30	81.22
			Blue	76.83	93.69
	Neutral 5	119.55	Black	76.58	42.97
	Average of Difference				100.69

Table 9에서 75D 시료의 QR1에서 QR3의 90개 색 조합 중 100% 인식률을 살펴보면 White, Neutral 8, Yellow, Neutral 5와 같은 고명도의 배경색과 Black, Red, Blue와 같은 저명도 모듈 색의 조합으로 이루어져 그레이 스케일의 차이가 평균 100.69로 나타났다. 0%의 인식률은 Green, Cyan, Magenta, Neutral 5, Blue 등의 중명도와 저명도의 조합으로 색의 차이는 평균 -3.19로 색차가 상대적으로 작거나 배경 색이 모듈 색보다 어둡다.

Table 10에서 배경색을 기준으로 한 인식률은 White(72.59%)>Neutral8(58.52%)>Yellow(52.59%)>Neutral5(37.78%)>Magenta(34.07%)>Green(28.15%)>Cyan(27.41%)>Black(20.00%)>Red(19.26%)>Blue(18.78%)의 순서였다. 배경 색의 인식률과 100% 인식되는 색 조합을 비교하였을 때 배경 색의 명도가 높을수록 인식률이 높아지고, 100% 인식 개수도 늘어나 배경 색이 밝을수록 인식률이 높아짐을 확인하였다.

Table 9. Continued

Rate	Background	Grayscale	Module	Grayscale	Difference
0%	Green	125.93	Neutral 5	119.55	6.38
			Cyan	121.41	4.52
			Magenta	119.38	6.55
	Cyan	121.41	Neutral 5	119.55	1.86
			Green	125.93	-4.52
			Magenta	119.38	2.03
	Magenta	119.38	Neutral 5	119.55	-0.17
			Green	125.93	-6.55
			Cyan	121.41	-2.03
	Red	89.30	Blue	76.83	12.47
			Cyan	121.41	-32.11
	Neutral 5	119.55	Green	125.93	-6.38
	Black	76.58	Blue	76.83	-0.25
	Blue	76.83	Red	89.30	-12.47
	Yellow	170.52	Neutral 8	187.72	-17.20
	Average of Difference				-3.19

Table 10. Background color Recognition rate of 75D Sample

75D		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Rate
white	A	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	72.59
	QR1	40	100	100	100	100	100	100	60	40	82.22
	QR2	0	80	100	100	100	100	100	60	0	71.11
	QR3	0	40	100	100	60	100	100	40	40	64.44
Neutral 8	A	white	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	58.52
	QR1	20	40	100	100	40	100	80	40	0	57.78
	QR2	0	40	100	100	60	100	80	40	0	57.78
	QR3	20	40	100	100	40	100	100	40	0	60.00
Neutral 5	A	white	N 8	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	37.78
	QR1	20	20	100	40	0	100	0	0	20	33.33
	QR2	40	40	100	80	0	100	0	0	40	44.44
	QR3	20	40	100	40	0	40	40	40	0	35.56
Black	A	white	N 5	N 8	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	20.00
	QR1	20	20	20	0	20	0	20	20	20	15.56
	QR2	40	40	40	0	40	0	40	40	40	31.11
	QR3	20	20	20	0	20	0	0	20	20	13.33
Red	A	white	N 8	N 5	Black	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	19.26
	QR1	20	20	20	40	0	0	0	20	20	15.56
	QR2	40	40	40	40	20	0	0	40	40	28.89
	QR3	20	20	20	20	0	0	0	20	20	13.33
Green	AV	white	N 8	N 5	Black	Red	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	28.15
	QR1	20	20	0	100	40	40	0	0	20	26.67
	QR2	40	40	0	100	40	40	0	0	40	33.33
	QR3	20	20	0	100	20	40	0	0	20	24.44

Table 10. Continued

75D		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Rate
Blue	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Cyan	Magenta	Yellow	17.78
	QR1	20	20	20	0	0	20	20	20	20	15.56
	QR2	40	40	20	0	0	20	20	20	40	22.22
	QR3	20	20	20	0	0	20	20	20	20	15.56
Cyan	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Magenta	Yellow	27.41
	QR1	20	20	0	100	40	0	40	0	20	26.67
	QR2	40	40	0	100	40	0	40	0	40	33.33
	QR3	20	20	0	100	0	0	40	0	20	22.22
Magenta	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Yellow	34.07
	QR1	20	20	0	100	40	0	60	0	20	28.89
	QR2	40	40	0	100	80	0	100	0	40	44.44
	QR3	20	20	0	100	40	0	60	0	20	28.89
Yellow	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	52.59
	QR1	20	0	40	100	100	40	100	40	40	53.33
	QR2	40	0	40	100	100	40	100	40	40	55.56
	QR3	20	0	40	100	60	40	100	40	40	48.89
Recognition Rate Average										QR1	35.56
										QR2	42.22
										QR3	32.67

Table 11에서 모듈 색을 기준으로 한 인식률은 Black(81.48%)>Blue(59.26%)>Red(50.37%)> Cyan(31.11%)>White(25.19%)=Neutral 5(25.19%)> Magenta(24.44%)>Neutral5(22.96%)= Yellow(22.96%)의 순서였다. 명도 단계가 낮은 Black, Blue, Red 색상의 모듈이 인식률이 높은 것으로 나타났다.

50D(FD) 시료의 평균 인식률은 QR2(31.78%)> QR3(31.56%)> QR3(31.11%)의 순서이다. 100% 인식률 개수는 QR2(7)> QR1(6)= QR3(6)의 순이고, 0%는 QR3(25)> QR1(24)> QR2(23)의 순서이다. 형태별 인식률에서는 QR2 형태의 인식률이 가장 높고 100% 인식되는 개수도 많았으며, QR3 형태가 인식률이 제일 낮았다. Table 12에서 배경과 모듈 색의 인식률 단계를 Table 6의 명도 단계와 비교해 보았을 때 명도 단계와 인식률이 비례하지 않았지만, 배경 색의 명도가 높고, 모듈 색의 명도가 낮을수록 인식률이 높아지는 것은 공통으로 발견되었다.

Table 13에서 50D(FD) 시료의 QR1에서 QR3의 90개 색 조합 중 100% 인식률을 살펴보면 White, Neutral 8, Yellow의 고명도의 배경 색과 Black, Red, Blue의 저명도의 모듈 색의 조합으로 그레이 스케일의 차이가 평균 116.96으로 나타났다. 0%의 인식률은 Red, Cyan, Green, Magenta, Blue, Black 등의 중명도와 저명도의 조합과 White, Neutral 8, Yellow, Neutral 5의 고명도 조합으로 색의 차이가 평균 -2.33이었다.

Table 14에서 배경 색을 기준으로 한 인식률은 White(63.70%)>Yellow(42.96%)>Neutral 8(39.26%)>Black(30.37%)>Neutral5(28.89%)> Magenta(25.19%)>Blue(22.22%)>Green(21.48%)= Cyan(21.48%)> Red(19.26%)의 순서였다.

Table 11. Module Color Recognition Rate of 75D Sample

QR	W		N 8		N 5		BK		R		G		B		C		M		Y	
1		20		40		100		100		100		100		100		100		60		40
2	N8	0	W	0	W	80	W	100	W	100	W	100	W	100	W	100	W	60	W	0
3		20		0		40		100		100		60		100		100		40		40
1		20		20		40		100		100		40		100		80		40		0
2	N5	40	N5	40	N8	40	N8	100	N8	100	N8	60	N8	100	N8	80	N8	40	N8	0
3		20		40		40		100		100		40		100		100		40		0
1		20		20		20		100		40		0		100		0		0		20
2	BK	40	BK	40	BK	40	N5	100	N5	80	N5	0	N5	100	N5	0	N5	0	N5	40
3		20		20		20		100		40		0		40		40		40		0
1		20		20		20		40		0		20		0		20		20		20
2	R	40	R	40	R	40	R	40	BK	0	BK	40	BK	0	BK	40	BK	40	BK	40
3		20		20		20		20		0		20		0		0		20		20
1		20		20		0		100		40		0		0		0		20		20
2	G	40	G	40	G	0	G	100	G	40	R	20	R	0	R	0	R	40	R	40
3		20		20		0		100		20		0		0		0		20		20
1		20		20		20		0		0		20		40		0		0		20
2	B	40	B	40	B	20	B	0	B	0	B	20	G	40	G	0	G	0	G	40
3		20		20		20		0		0		20		40		0		0		20
1		20		20		0		100		40		0		40		20		20		20
2	C	40	C	40	C	0	C	100	C	40	C	0	C	40	B	20	B	20	B	40
3		20		20		0		100		0		0		40		20		20		20
1		20		0		0		100		40		0		60		0		0		20
2	M	40	M	40	M	0	M	100	M	80	M	0	M	100	M	0	C	0	C	40
3		20		20		0		100		40		0		60		0		0		20
1		20		20		40		100		100		40		100		40		40		20
2	Y	40	Y	0	Y	40	Y	100	Y	100	Y	40	Y	100	Y	40	Y	40	M	40
3		20		0		40		100		60		40		100		40		40		20
A	25.19		22.96		25.19		81.48		50.37		25.19		59.26		31.11		24.44		22.96	

Table 12. Comparison Chart of 50D(FD) Sample's Background Color, Module Color and Gray Scale

Comparison	
Background Color	White>Yellow>Neutral 8>Black>Neutral 5>Magenta>>Blue>Green=Cyan>Red
Module Color	Black>Blue>Red>Yellow>Neutral 8>White>Magenta>Neutral 5=Green>Cyan
Gray Scale	White>Neutral 8>Yellow>Neutral 5>Magenta>Cyan>Green>Red>Blue>Black

Table 13. 100% and 0% Recognition Rate Analysis Chart of 50D(FD) Sample

Rate	Background	Grayscale	Module	Grayscale	Difference
100%	White	213.77	Red	115.10	116.68
			Blue	99.17	132.60
	Neutral 8	211.17	Black	97.66	113.52
	Yellow	202.70	Black	97.66	105.04
	Average of Difference				116.96

Table 13. Continued

Rate	Background	Grayscale	Module	Grayscale	Difference
0%	Red	115.10	Green	138.10	-23.00
			Blue	99.17	15.92
			Cyan	140.93	-25.84
	Cyan	140.93	Neutral 5	148.11	-7.18
			Green	125.93	2.83
			Magenta	142.67	-1.74
	Magenta	142.67	Neutral 5	148.11	-5.45
			Green	138.10	4.57
			Cyan	140.93	1.74
	Neutral 8	211.17	White	213.77	-20.60
			Yellow	202.70	8.47
	Neutral 5	148.11	Cyan	140.93	7.18
			Magenta	142.67	5.45
	Blue	99.17	Black	97.66	1.52
			Red	115.10	-15.92
	White	231.77	Neutral 8	211.17	20.60
	Black	97.66	Blue	99.17	-1.52
	Green	138.10	Cyan	140.93	-2.83
	Yellow	202.70	Neutral 8	211.17	-8.47
	Average of Difference				-2.33

Table 14. Background color Recognition rate of 50D(FD) Sample

50D(F/D)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Rate
white	AV	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	63.70
	QR1	0	20	80	100	100	100	100	60	40	66.67
	QR2	0	40	100	100	80	100	80	40	40	64.44
	QR3	0	40	100	100	80	100	40	40	40	60.00
Neutral 8	AV	white	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	39.26
	QR1	0	40	100	40	0	40	40	40	0	33.33
	QR2	0	40	100	40	40	80	40	40	0	42.22
	QR3	0	40	100	40	40	80	40	40	0	42.22
Neutral 5	AV	white	N 8	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	28.89
	QR1	40	40	40	40	40	20	0	0	20	26.67
	QR2	40	20	40	40	0	60	0	0	40	26.67
	QR3	40	40	100	20	0	80	0	0	20	33.33
Black	AV	white	N 5	N 8	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	30.37
	QR1	40	40	40	0	40	0	40	60	60	35.56
	QR2	40	40	40	0	20	0	20	20	40	24.44
	QR3	40	40	40	20	40	0	20	40	40	31.11
Red	AV	white	N 8	N 5	Black	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	19.26
	QR1	40	40	20	20	0	0	0	20	40	20.00
	QR2	40	40	40	0	0	0	0	20	20	17.78
	QR3	40	40	20	20	0	0	0	20	40	20.00

Table 14. Continued

50D(F/D)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Rate
Green	AV	white	N 8	N 5	Black	Red	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	21.48
	QR1	40	40	0	40	0	40	0	0	40	22.22
	QR2	40	40	20	20	20	20	0	0	20	20.00
	QR3	40	40	0	40	0	40	0	0	40	22.22
Blue	AV	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Cyan	Magenta	Yellow	22.22
	QR1	40	40	40	0	0	20	0	40	40	24.44
	QR2	40	40	20	0	0	20	20	20	20	20.00
	QR3	40	40	20	0	0	20	0	40	40	22.22
Cyan	AV	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Magenta	Yellow	21.48
	QR1	40	40	0	40	20	0	0	0	40	20.00
Cyan	QR2	40	40	0	40	20	0	40	0	20	22.22
	QR3	40	40	0	40	0	0	40	0	40	22.22
Magenta	AV	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Yellow	25.19
	QR1	40	40	0	40	20	0	40	0	40	24.44
	QR2	40	40	0	60	40	0	40	0	20	26.67
	QR3	40	40	0	40	40	0	40	0	20	24.44
Yellow	AV	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	42.96
	QR1	20	0	40	100	40	40	40	20	40	37.78
	QR2	20	0	40	100	100	40	100	40	40	53.33
	QR3	0	0	40	100	40	40	40	40	40	37.78
Recognition Rate Average										QR1	31.11
										QR2	31.78
										QR3	31.56

Table 15에서 모듈 색을 기준으로 한 인식률은 Black(54.07%)> Blue(42.22%)> Red(33.33%) > Yellow(31.11%)>Neutral8(28.89%)>White(27.41%)> Magenta(24.44%)>Neutral5(23.70%)=Green (23.70%)> Cyan(20.00%)의 순서였다.

50D 시료의 평균 인식률은 QR2(41.56%)> QR1(38.67%)> QR3(31.78%)의 순서이다. 100% 인식률의 개수는 QR2(15)> QR1(12)> QR3(8)의 순서였고, 0%는 QR3 (28)> QR1(21)> QR2(20)의 순서이다. 50D(F/D)에 비해 같은 데니어인 50D 시료의 인식률은 전반적으로 높고, 100% 인식되는 조합의 개수도 많은 것으로 FD 가공 시 인식률이 낮아지는 특성을 파악할 수 있었다. 형태별 인식률에서는 QR2 형태의 인식률이 가장 높고 100% 인식되는 개수가 많고, QR3 형태가 인식률이 가장 떨어지는 공통 현상이 보였다. Table 16에서 배경과 모듈 색의 인식률 단계를 Table 6의 명도 단계와 비교해 보았을 때 명도 단계와 인식률과 비례하지 않았지만, White, Yellow, Neutral 8처럼 배경 색의 명도가 높고, Black, Blue, Red처럼 모듈 색의 명도가 낮을수록 인식률이 높아지는 것은 공통으로 확인되었다.

Table 17에서 50D 시료의 QR1에서 QR3의 90개 색 조합 중 100% 인식률을 살펴보면 White, Neutral 8, Yellow와 같은 고명도의 배경 색과 Black, Red, Blue와 같은 저명도의 모듈 색, Green, Cyan과 같은 중명도 모듈 색의 조합으로 그레이 스케일의 차이가 평균 106.35로 나타났다. 0%의 인식률은 Neutral 5, Red, Green, Cyan, Blue, Magenta, Black, Yellow 등의 조합으로 색의 차이는 평균 -1.98이었다.

Table 15. Module Color Recognition Rate of 50D(FD) Sample

QR	W		N 8		N 5		BK		R		G		B		C		M		Y	
1		0		0		20		80		100		100		100		100		60		40
2	N8	0	W	0	W	40	W	100	W	100	W	80	W	100	W	80	W	40	W	40
3		0		0		40		100		100		80		100		40		40		40
1		0		40		40		100		40		0		40		40		40		0
2	N5	0	N5	20	N8	40	N8	100	N8	40	N8	40	N8	80	N8	40	N8	40	N8	0
3		0		40		40		100		40		40		80		40		40		0
1		40		40		40		40		40		40		20		0		0		20
2	BK	40	BK	40	BK	40	N5	40	N5	40	N5	0	N5	60	N5	0	N5	0	N5	40
3		40		40		40		100		20		0		80		0		0		20
1		40		40		20		20		0		20		0		40		60		60
2	R	40	R	40	R	40	R	0	BK	0	BK	20	BK	0	BK	20	BK	20	BK	40
3		40		40		20		20		20		40		0		20		40		40
1		40		40		0		40		0		0		0		0		20		40
2	G	40	G	40	G	20	G	20	G	20	R	0	R	0	R	0	R	20	R	20
3		40		40		0		40		20		0		0		0		20		40
1		40		40		40		0		0		20		40		0		0		40
2	B	40	B	40	B	20	B	0	B	0	B	20	G	20	G	0	G	0	G	20
3		40		40		20		0		0		20		40		0		0		40
1		40		40		0		40		20		0		0		0		40		40
2	C	40	C	40	C	0	C	40	C	20	C	0	C	40	B	20	B	20	B	20
3		40		40		0		40		0		0		40		0		40		40
1		40		0		0		40		20		0		40		0		0		40
2	M	40	M	40	M	0	M	60	M	40	M	0	M	40	M	0	C	0	C	20
3		40		40		0		40		40		0		40		0		0		20
1		20		0		40		100		40		40		40		20		40		40
2	Y	20	Y	0	Y	40	Y	100	Y	100	Y	40	Y	100	Y	40	Y	40	M	40
3		0		0		40		100		40		40		40		40		40		40
A	27.41		28.89		23.70		54.07		33.33		23.70		42.22		20.00		24.44		31.11	

Table 16. Comparison Chart of 50D Sample's Background Color, Module Color and Gray Scale

Comparison	
Background Color	White>Yellow>Neutral 8>Magenta>Neutral 5>Black=Green>Blue>Cyan>Red
Module Color	Black>Blue>Red>White>Neutral 8=Yellow>Neutral 5>Green>Cyan>Magenta
Gray Scale	White>Neutral 8>Yellow>Cyan>Green>Neutral 5>Magenta>Red>Blue>Black

Table 17. 100% and 0% Recognition Rate Analysis Chart of 50D Sample

Rate	Background	Grayscale	Module	Grayscale	Difference
100%	White	219.51	Black	86.17	133.34
			Red	115.10	104.41
			Green	140.82	78.69
			Blue	92.68	126.83
			Cyan	140.93	78.58
	Yellow	196.69	Black	86.17	110.52
			Blue	92.68	104.02
	Neutral 8	200.57	Black	86.17	114.40
	Average of Difference				106.35
0%	Neutral 5	139.17	Green	140.82	-1.65
			Cyan	140.93	-1.76
			Magenta	119.38	19.79
	Red	115.10	Green	140.82	-25.72
			Blue	92.68	22.42
			Cyan	140.93	-25.84
	Green	140.83	Neutral 5	139.17	1.65
			Cyan	140.93	-0.11
			Magenta	119.38	21.44
	Cyan	140.93	Neutral 5	139.17	1.76
			Green	140.82	0.11
			Magenta	119.38	21.55
	Blue	92.68	Green	140.82	6.51
			Red	115.10	-22.42
	Magenta	119.38	Green	140.82	-21.44
			Cyan	140.93	-21.55
	Black	86.17	Blue	92.68	-6.51
	Yellow	196.69	Neutral 8	200.57	-3.88
	Average of Difference				-1.98

Table 18에서 배경 색을 기준으로 한 인식률은 White(74.07%)>Yellow(52.59%)>Neutral8(51.11%)> Magenta(32.59%)>Neutral5(31.85%)>Black (28.89%)=Green(28.89%)>Blue(25.93%)> Cyan(25.19%)> Red(22.22%)의 순서였다.

Table 19에서 모듈 색을 기준으로 한 인식률은 Black(68.15%)>Blue(54.81%)>Red(51.11%)> White(33.33%)>Neutral8(29.63%)=Yellow(29.63%)> Neutral5(28.15%)>Green(25.93%)>Cyan(24.44%)> Magenta(20.00%)의 순서였다.

30D 시료의 평균 인식률은 QR1(33.56%)> QR2(30.67%)> QR3(30.00%)의 순이다. 100% 인식률의 개수는 QR1(6)> QR2(4)> QR3(1)의 순서였고, 0%는 QR3(28)> QR1(22)= QR2(22)의 순서이다. 형태별 인식률은 QR1 형태의 인식률이 가장 높고 100% 인식되는 개수도 많았고 QR3 형태가 가장 인식률이 떨어졌다. Table 20에서 배경과 모듈 색의 인식률 단계를 Table 6의 명도 단계와 비교해 보았을 때 명도 단계와 인식률이 비례하지 않은 것이 확인되었다.

Table 18. Background color Recognition rate of 50D Sample

50D		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Rate
white	A	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	74.07
	QR1	0	40	100	100	100	100	100	40	40	68.89
	QR2	40	80	100	100	100	100	100	80	40	82.22
	QR3	0	80	100	100	100	100	100	40	20	71.11
Neutral 8	A	white	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	51.11
	QR1	20	40	100	80	40	100	40	40	0	51.11
	QR2	20	40	100	100	60	100	60	40	20	60.00
	QR3	0	40	100	60	40	80	20	40	0	42.22
Neutral 5	A	white	N 8	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	31.85
	QR1	40	40	100	40	0	80	0	0	20	35.56
	QR2	40	40	100	60	0	60	0	0	20	35.56
	QR3	20	20	80	20	0	60	0	0	20	24.44
Black	A	white	N 5	N 8	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	28.89
	QR1	40	40	40	20	40	0	40	20	40	31.11
	QR2	40	40	40	0	40	0	40	40	40	31.11
	QR3	40	40	40	0	20	0	0	40	40	24.44
Red	A	white	N 8	N 5	Black	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	22.22
	QR1	40	40	40	40	0	0	0	20	40	24.44
	QR2	40	40	40	40	0	0	0	40	40	26.67
	QR3	40	20	20	0	0	0	0	20	40	15.56
Green	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	28.89
	QR1	40	40	0	80	40	40	0	0	40	31.11
	QR2	40	40	0	100	40	40	0	0	40	33.33
	QR3	40	40	0	60	0	40	0	0	20	22.22
Blue	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Cyan	Magenta	Yellow	25.93
	QR1	40	40	40	0	0	20	20	40	40	26.67
	QR2	40	40	40	0	0	20	20	40	40	26.67
	QR3	40	40	40	0	0	20	20	20	40	24.44
Cyan	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Magenta	Yellow	25.19
	QR1	40	40	0	40	0	0	40	0	40	22.22
	QR2	40	40	0	100	40	0	40	0	40	33.33
	QR3	40	40	0	40	0	0	40	0	20	20.00
Magenta	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Yellow	32.59
	QR1	40	40	20	100	60	0	80	0	20	40.00
	QR2	40	40	0	100	40	0	40	0	20	31.11
	QR3	20	40	0	80	40	0	40	0	20	26.67
Yellow	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	52.59
	QR1	40	0	40	100	100	40	100	40	40	55.56
	QR2	40	0	40	100	100	40	100	40	40	55.56
	QR3	0	0	40	100	60	40	100	40	40	46.67
Recognition Rate Average										QR1	38.67
										QR2	41.56
										QR3	31.78

Table 19. Module Color Recognition Rate of 50D Sample

QR	W		N 8		N 5		BK		R		G		B		C		M		Y	
1		20		0		40		100		100		100		100		100		40		40
2	N8	20	W	40	W	80	W	100	W	100	W	80	W	100	W	80	W	80	W	40
3		0		0		40		100		100		100		100		100		40		20
1		40		40		40		100		80		40		100		40		40		0
2	N5	40	N5	40	N8	40	N8	100	N8	100	N8	60	N8	100	N8	60	N8	40	N8	20
3		0		20		40		100		60		40		80		20		40		0
1		40		40		40		100		40		0		80		0		0		20
2	BK	40	BK	40	BK	40	N5	40	N5	60	N5	0	N5	60	N5	0	N5	0	N5	20
3		20		40		40		80		20		0		60		0		0		20
1		40		40		40		40		20		40		0		40		20		40
2	R	40	R	40	R	40	R	40	BK	0	BK	40	BK	0	BK	40	BK	40	BK	40
3		40		20		20		0		0		20		0		0		40		40
1		40		40		0		80		40		0		0		0		20		40
2	G	40	G	40	G	0	G	100	G	40	R	0	R	0	R	0	R	40	R	40
3		40		0		0		60		60		0		0		0		20		40
1		40		40		40		0		0		20		40		0		0		40
2	B	40	B	40	B	40	B	0	B	0	B	20	G	40	G	0	G	0	G	40
3		40		40		40		0		0		20		40		0		0		20
1		40		40		0		40		0		0		40		20		40		40
2	C	40	C	40	C	0	C	100	C	40	C	0	C	40	B	20	B	20	B	40
3		40		40		0		40		40		0		40		20		20		40
1		40		40		20		100		60		0		80		0		0		40
2	M	40	M	40	M	0	M	80	M	40	M	0	M	40	M	0	C	0	C	40
3		40		40		0		40		80		0		40		0		0		20
1		40		0		40		100		100		40		100		40		40		20
2	Y	40	Y	0	Y	40	Y	100	Y	100	Y	40	Y	100	Y	40	Y	40	M	20
3		0		0		40		100		100		40		100		40		40		20
A	33.33		29.63		28.15		68.15		51.11		25.93		54.81		24.44		20.00		29.63	

Table 20. Comparison Chart of 50D Sample's Background Color, Module Color and Gray Scale

Comparison	
Background Color	White>Yellow>Neutral 8>Black>Neutral 5>Magenta>Green>Cyan>Red=Blue
Module Color	Black>Blue>Red>White>Neutral 8>Cyan>Green>Neutral 5=Yellow>Magenta
Gray Scale	White>Yellow>Neutral 8>Neutral 5>Magenta>Cyan>Green>Red>Blue>Black

Table 21에서 30D 시료의 QR1에서 QR3의 90개 색 조합 중 100% 인식되는 조합은 White 배경과 Black의 모듈의 1개의 조합으로 색차는 133.34였다. 0%의 인식률은 Neutral 5, Neutral 8, Yellow, Black, Blue, Cyan, Magenta, Red, Green, Yellow의 색상들의 조합으로 색의 차이가 평균 -8.83으로 차이가 작거나 배경 색이 모듈색보다 어두운 조합이 인식률이 떨어졌다.

Table 22에서 배경 색을 기준으로 한 인식률은 White(65.19%)>Yellow(43.70%)>Neutral 8(42.22%)>Black(26.67%)>Neutral5(25.19%)> Magenta(24.44%)>Green(23.70%)>Cyan(21.48%) > Red(20.74%)= Blue(20.74%)의 순서였다.

Table 21. 100% and 0% Recognition Rate Analysis Chart of 30D Sample

Rate	Background	Grayscale	Module	Grayscale	Difference
100%	White	219.51	Black	86.17	133.34
	Average of Difference				133.34
0%	Neutral 5	147.00	Green	140.82	6.18
			Cyan	140.93	6.07
			Magenta	119.38	4.33
	Neutral 8	187.43	White	219.51	-32.08
			Yellow	204.24	-16.80
	Black	86.17	Red	115.10	-28.93
			Blue	92.68	-6.51
	Blue	92.68	Neutral 5	147.00	-54.32
			Green	140.82	-48.14
	Cyan	140.93	Neutral 5	147.00	-6.07
			Green	140.82	0.11
	Magenta	142.67	Neutral 5	147.00	-4.33
			Green	140.82	1.85
	Red	115.10	Blue	92.68	22.42
	Green	140.82	Magenta	142.67	-1.85
	Yellow	204.24	Neutral 8	187.43	16.80
	Average of Difference				-8.83

Table 22. Background color Recognition rate of 30D Sample

30D		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Rate
white	A	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	65.19
	QR1	20	40	100	100	100	100	80	60	40	71.11
	QR2	20	40	100	80	80	100	80	60	40	66.67
	QR3	0	40	100	80	60	80	80	40	40	57.78
Neutral 8	A	white	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	42.22
	QR1	0	40	100	60	40	100	40	20	0	44.44
	QR2	0	40	100	80	40	0	40	40	0	37.78
	QR3	0	40	80	80	40	80	40	40	0	44.44
Neutral 5	A	white	N 8	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	25.19
	QR1	40	40	80	40	0	20	0	0	0	24.44
	QR2	40	20	80	40	0	0	0	0	20	22.22
	QR3	40	20	80	40	0	60	0	0	20	28.89
Black	A	white	N 5	N 8	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	26.67
	QR1	40	40	40	0	40	0	20	40	40	28.89
	QR2	40	40	40	0	20	0	20	20	40	24.44
	QR3	40	40	20	0	20	0	40	40	40	26.67
Red	A	white	N 8	N 5	Black	Green	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	20.74
	QR1	40	40	20	20	20	0	0	20	40	22.22
	QR2	40	40	20	20	0	0	20	20	20	20.00
	QR3	40	40	20	0	20	0	0	20	40	20.00

Table 22. Continued

30D		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Rate
Green	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Blue	Cyan	Magenta	Yellow	23.70
	QR1	40	40	20	40	40	40	0	0	20	26.67
	QR2	40	20	0	60	40	0	20	0	20	22.22
	QR3	40	20	0	80	0	40	0	0	20	22.22
Blue	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Cyan	Magenta	Yellow	20.74
	QR1	40	40	40	0	0	20	20	20	40	24.44
	QR2	40	40	20	0	0	0	20	20	20	17.78
	QR3	40	40	20	0	0	20	0	20	40	20.00
Cyan	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Magenta	Yellow	21.48
	QR1	40	40	0	40	40	0	40	0	20	24.44
	QR2	40	40	0	40	20	0	20	0	20	20.00
	QR3	40	20	0	60	0	0	40	0	20	20.00
Magenta	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Yellow	24.44
	QR1	40	40	0	80	40	0	40	0	0	26.67
	QR2	40	40	0	60	40	0	40	0	20	26.67
	QR3	40	20	0	40	40	0	40	0	0	20.00
Yellow	A	white	N 8	N 5	Black	Red	Green	Blue	Cyan	Magenta	43.70
	QR1	20	0	20	100	60	40	60	40	40	42.22
	QR2	20	0	40	100	80	40	80	40	40	48.89
	QR3	0	0	40	80	40	40	80	60	20	40.00
Recognition Rate Average										QR1	33.56
										QR2	30.67
										QR3	30.00

Table 23. Module Color Recognition Rate of 30D Sample

QR	W		N 8		N 5		BK		R		G		B		C		M		Y	
1		0		20		40		100		100		100		100		80		60		40
2	N8	0	W	40	W	40	W	100	W	80	W	80	W	100	W	80	W	60	W	40
3		0		0		40		100		80		60		80		80		40		40
1		40		40		40		100		40		40		100		40		20		0
2	N5	40	N5	20	N8	40	N8	100	N8	80	N8	40	N8	0	N8	40	N8	40	N8	0
3		40		20		40		80		80		40		80		40		40		0
1		40		40		40		80		0		0		20		0		0		0
2	BK	40	BK	40	BK	40	N5	80	N5	40	N5	0	N5	0	N5	0	N5	0	N5	20
3		40		20		40		80		20		0		60		0		0		20
1		40		40		20		20		40		40		0		20		40		40
2	R	40	R	40	R	20	R	20	BK	0	BK	20	BK	0	BK	20	BK	20	BK	40
3		40		40		20		0		0		20		0		40		40		40
1		40		40		20		40		40		20		0		0		20		40
2	G	40	G	20	G	0	G	60	G	40	R	0	R	0	R	20	R	20	R	20
3		40		20		0		80		0		20		0		0		20		40

Table 23. Continued

QR	W		N 8		N 5		BK		R		G		B		C		M		Y	
1		40		40		40		0		0		20		40		0		0		20
2	B	40	B	40	B	20	B	0	B	0	B	0	G	0	G	20	G	0	G	20
3		40		40		20		0		0		20		40		0		0		20
1		40		40		0		40		40		0		40		20		20		40
2	C	40	C	40	C	0	C	100	C	20	C	0	C	20	B	20	B	20	B	20
3		40		20		0		60		0		0		40		0		20		40
1		40		40		0		80		40		0		40		0		0		20
2	M	40	M	40	M	0	M	60	M	40	M	0	M	40	M	0	C	0	C	20
3		40		20		0		40		40		0		40		0		0		20
1		20		0		20		100		60		40		60		40		40		0
2	Y	20	Y	0	Y	40	Y	100	Y	80	Y	40	Y	80	Y	40	Y	40	M	20
3		0		0		40		80		40		40		80		60		20		0
A	32.59		28.89		22.96		62.59		37.04		23.70		39.26		24.44		21.48		22.96	

Table 23에서 모듈 색을 기준으로 한 인식률은 Black(62.59%)>Blue(39.26%)>Red(37.04%)> White(32.59%)>Neutral8(28.89%)> Cyan(24.44%)> Green (23.70%) > Neutral 5(22.96%) = Yellow (22.96%)> Magenta(21.48%)의 순으로 인식되었다.

Ⅳ. 결론

본 연구에서 색은 기본색 10색을 선정하여 바탕색 10개와 모듈 색 9색으로 이루어진 90색 조합을 3가지 형태의 QR코드에 적용하여 총 270개 QR코드를 사용하였다. 데니어는 4가지 다른 100% 폴리에스터 필라멘트 직물 시료에 디지털 전사 날염 프린트 후 5가지 애플리케이션으로 측정하였다. 측정된 인식률과 프린트된 4가지 시료의 270개의 QR코드를 CIE L*a*b*값과 NCS 값으로 측색하고 그레이 스케일 공식으로 변경하여 인식률과 색, 데니어의 요인에 대해 비교 분석해보았다. 결과로는 첫째, 프린트 된 직물 시료의 색을 측정하여 기본색과 색차를 분석해 보면 평균 75D(14.28)> 50D(16.23)> 50D(FD)(17.63)> 30D(18.26) 순으로 측정되어 시료의 데니어가 클수록 색의 차이가 작게 나타나 디지털 전사 날염 프린트의 색 구현에 데니어가 영향을 미치는 요인임을 알 수 있었다. QR코드 데니어별 인식률을 살펴보면 75D(36.82%) >50D(36.67%) > 50D(FD)(31.48%)> 30D(31.41%)로 인식률의 차이가 미세하지만, 실의 데니어가 클수록 인식률이 크다는 것이 파악되었다. 50D(FD) 시료는 소광제의 영향으로 인식률이 낮아졌고, 30D 시료는 실의 굵기를 구성하는 모노필라멘트의 섬도가 75D와 50D는 1.04D인데 반해 30D는 0.65D로 가늘어 산란의 효과가 크기 때문에 인식률이 떨어지는 것으로 판단된다. 가장 큰 인식률을 보이는 것은 75D 시료의 QR2(42.22%) 형태였고, 가장 낮은 인식률을 보이는 것은 30D 시료의 QR3(30.00%)이었다. 따라서 디지털 전사 날염으로 프린트된 QR코드의 색 구현과 QR코드 인식률에 실과 모노필라멘트의 데니어가 영향을 미치는 요인으로 확인되었다.

둘째, QR코드의 색 조합을 보았을 때 배경 색은 평균적으로 명도가 높게 측정되는 White, Neutral 8, Yellow가 인식률이 높고 모듈 색의 경우 명도가 가장 낮은 Black, Blue, Red가 인식률이 평균적으로 높았다. QR코드 인식 알고리즘에 따르면 색을 그레이 스케일로 변환하여 무채색의 명도로 인식하기 때문에 색상보다 명도가 인식률에 중요한 요소로 작용하고 색 조합은 QR코드 기술 표준에 나타난 것처럼 밝은 배경과 어두운 모듈 색의 조합이 인식률이 높았다. 하지만 Cyan이나 Green 등이 배경 색으로 사용될 때 상대적으로 더 명도가 낮은 Blue나 Black보다 인식률이 낮게 나오거나 명도가 높은 White와 Yellow가 모듈에 사용될 때 상대적으로 명도가 낮은

Cyan이나 Green보다 인식률이 높게 측정되기도 하여 개별 색의 명도보다는 배경과 모듈 색의 명도 차이가 가장 중요한 요소임이 파악되었다. 인식률에 따른 명도 차이의 범위를 살펴보면 75D 시료에서 100% 인식되는 색 조합의 평균 명도 차이는 100.69이었고, 0%의 평균 명도 차이는 -3.19이었다. 50D(FD) 시료에서 100% 인식되는 색 조합의 평균 명도 차이는 116.96이었고, 0%의 평균 명도 차이는 -2.33이었다. 50D 시료에서 100% 인식되는 색 조합의 평균 명도 차이는 106.35이었고, 0%의 평균 명도 차이는 -1.98이었다. 30D 시료에서 100% 인식되는 색 조합의 평균 명도 차이는 133.34이었고, 0%의 평균 명도 차이는 -8.83이었다. 인식률이 100%인 색 조합의 평균 명도 차이는 114.34이었고, 0%의 평균 명도 차이는 -4.08이었다. 전체적으로 보았을 때 데니어가 작아질수록 인식률이 높아지기 위해서 배경과 모듈 색 조합의 평균 명도 차이가 크게 요구되었다.

셋째, QR코드의 형태면에서 살펴보면 인식률은 QR2(35.56%) > QR1(33.41%)> QR3(31.50%)로 대부분 각진 모서리보다 둥근 모서리인 QR2코드의 형태가 인식률이 높았고, 특정 데니어의 경우 각진 모서리인 QR1의 인식률이 QR2보다 높은 경우가 측정되었다. 따라서 직물에 프린트될 경우 가장 인식률이 떨어지는 QR3 코드의 형태처럼 모서리의 형태보다는 모듈 간의 연결형태가 더 큰 영향을 미치는 것으로 파악되었으며 모듈이 분리된 형태보다는 연결된 형태가 인식률이 높게 나타났다.

따라서 본 연구에서는 직물에 디지털 전사 날염 프린트되는 QR코드에 색과 데니어의 요인이 인식률에 영향을 미치는 것으로 나타나 세분된 요인 변경으로 인식률을 높일 가능성이 파악되었다. 그러나 10가지 기본 색과 폴리에스터 100% 직물 시료의 데니어에 제한을 두어 진행을 하였기 때문에 향후 더욱 많은 색과 다양한 시료에 대한 연구가 요구되는데, 특히 50D 시료를 SD 타입과 FD 타입으로 비교하였을 때 FD 타입에 추가되어 광택을 없애는 소광제가 디지털 전사 날염 프린트 시 색차를 크게 하고 인식률도 낮아지게 하는 영향을 주는 요인으로 확인되어 QR코드에서 시료의 특성을 세분화하는 것이 필요하다고 보인다. 더불어 QR코드의 크기와 형태적 요소에 대한 다양한 변화에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 보인다. 본 연구에서는 직물에 적용된 QR코드의 색과 데니어의 요인을 조절하여 QR코드의 인식률을 높일 가능성을 제시하였다. 향후 섬유·패션 산업에서 QR코드를 다양하게 적용하고 활용도를 높일 수 있기를 기대한다.

References

Andy. (2010, Nov 3). Augmented reality QR code t-shirt by david schwen at threadless. *Hideyourarms.* Retrieved from http://hideyourarms.com/2010/11/03/arrgmented-reality-qr-code-tshirt-david-schwen-threadless/

Cho, E. (2013, April 12). Happyland F&C, smart baby clothes release. *Apparel News*. Retrieved from http://www.apparelnews.co.kr/

Helland, T. (2011, Oct 1). Seven grayscale conversion algorithms (with pseudoco de and VB6 source code). *Tannerhelland(dot)com*. Retrieved from http://www.tannerhelland.com/3643/grayscale-image-algorithm-vb6/

Kim, H. (2011). *QR code marketing*. Seoul, Korea: Ebizbooks Publishing Ltd.

Kim, S., Cha, S., Ban, M., & Park, K. (2011). *QR code.* Paju, Korea: Sungandang Publishing Ltd.

Kim, S., & Choi, K. (2012). The study of the color reproducibility and the color fastness of nano inkjet DTP(digital textile printing). *Journal of Fashion Business, 16*(2), 138-150.

Kim, Y. (2015). *Algorithm of a perspective transform-based recognition in a PDF417 barcode* (Unpublished master's thesis). Chungbuk National University, Cheongju, Korea.

Korean Agency for Technology and Standards. (2007). Information technology - automatic

identification and data capture technique – bar code symbology – QR code.(ISO/IEC 18004). Retrieved from http://www.standard.go.kr

Lee, Y. (2013). A study on cognition and using of the designed OR code. *Journal of The Society of Korea Illusart, 16*(4), 185-194.

Park, K., & Lee, J. (2015). A morphology technique-based boundary detection in a two-dimensional QR Code. *Journal of Digital Convergence, 13*(2), 159-175.

Park, S. & Kim, J. (2015). Comparative study on colors between korean traditional color and digital transfer textile printing. *Journal of Fashion Business, 20*(1), 98-114.

Park, S. (2002). *Computer textile design*. Seoul, Korea: Kyomunsa Publishing Ltd.

Park, S. (2011). A study and direction on bar code revolution – design QR codes in Korea and overseas. *Journal of Digital Design, 11*(1), 505-514.

Schwarze, K. (2013, Feb 11). The QR Code makes a fashion week appearance.

Popsugar. Retrieved from http://www.popsugar.com/tech/Vivienne-Tam-QR-Code-Dress-27892219

Shin, S., & Lee, E. (2014). Preceding factors in the effect of QR Code characteristics on consumer's purchasing intention for mobile marketing in fashion business. *Journal of Fashion Business, 18*(2), 80-94.

Received (June 20, 2016)
Revised (July 25, 2016)
Accepted (August 8, 2016)