

Projektiranje individualiziranog QR koda

Janko, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:798896>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-29**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

KRISTINA JANKO

**PROJEKTIRANJE
INDIVIDUALIZIRANOG QR KODA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013



Sveučilište u Zagrebu
Grafčki fakultet

SMJER: TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI
MODUL: GRAFIČKA TEHNOLOGIJA

PROJEKTIRANJE INDIVIDUALIZIRANOG QR KODA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Ivana Žiljak Stanimirović

Student:

Kristina Janko

Zagreb, 2013

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

SAŽETAK

QR kod je matrični 2D barkod koji je postao popularan zbog svoje brze čitljivosti i mogućnosti pohrane velike količine podataka. QR tehnologija koja omogućuje modifikacije koda i do 30%, te razvoj mobilnih telefona, omogućili su popularnost QR koda u cijelom svijetu te je on postao još jedan moderni komunikacijski alat. U ovom diplomskom radu tema je njegova čitljivost s obzirom na dizajn. U teorijskom dijelu rada objašnjena je automatska identifikacija, barkod tehnologija, podjela na linearne i 2D kodove, zatim je opisan QR kod, njegova struktura, generiranje, primjena i moguća zlouporaba. U eksperimentalom dijelu je pomoću Photoshop-a i Illustrator-a projektirano deset individualiziranih QR kodova s opisanim postupcima njihove izrade. Provedeno je istraživanje pomoću barkod čitača te optičkih čitača: aplikacija i-nigma i NeoReader instaliranim na iPhone, Lumia i Galaxy mobilnim telefonima. Provjerena je čitljivost samih kodova s obzirom na dodavanje boje, promjenu strukture, količinu znakova i tehnike tiska.

Ključne riječi: QR, 2D, barkod, dizajn koda

ABSTRACT

QR Code is a matrix 2D barcode that has become popular due to its fast readability and its capability to store large amounts of data. QR technology that allows modification of the code up to 30%, and the development of mobile phones, has allowed the popularity of QR codes in the world and it has become another modern communication tool. This thesis topic is its readability due to the design. The theoretical part of the paper explains the automatic identification, barcode technology, division of linear and 2D codes, then the QR code itself, specifically its structure, how it is generated, use and possible abuse. The experimental part is ten individualized QR codes designed using Photoshop and Illustrator with detailed design steps. The research was performed using barcode reader and optical readers: the i-nigma and NeoReader applications installed on the iPhone, Lumia and Galaxy mobile phones. The readability of the individual codes themselves was tested with consideration to color addition, structural change, quantity of symbols and quality of print.

Key words: QR, 2D, barcode, code design

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1 Automatska identifikacija	3
2.2 Barkod tehnologija	5
2.2.1 Linearni barkod.....	7
2.2.2 2D kod.....	9
2.3 QR kod	12
2.3.1 Struktura QR koda.....	12
2.3.2 Generiranje QR koda	15
3. EKSPERIMENTALNI DIO	19
3.1 Metodologija istraživanja.....	19
3.2 Projektiranje individualiziranih QR kodova	21
3.2.1 Individualizirani kod QR1	22
3.2.2 Individualizirani kod QR2.....	26
3.2.3 Individualizirani kod QR3.....	30
3.2.4 Individualizirani kod QR4.....	32
3.2.5 Individualizirani kod QR5.....	35
3.2.6 Individualizirani kod QR6.....	38
3.2.7 Individualizirani kod QR7.....	41
3.2.8 Individualizirani kod QR8.....	45
3.2.9 Individualizirani kod QR9.....	47
3.2.10 Individualizirani kod QR10.....	50
4. REZULTATI I RASPRAVA	53
5. ZAKLJUČAK	57
6. LITERATURA	58

POPIS TABLICA	59
POPIS SLIKA	60
PRILOZI.....	64
Prilog 1 – QR1	64
Prilog 2 – QR2.....	65
Prilog 3 – QR3.....	66
Prilog 4 – QR4.....	67
Prilog 5 – QR5.....	68
Prilog 6 – QR6.....	69
Prilog 7 – QR7	70
Prilog 8 – QR8.....	71
Prilog 9 – QR9.....	72
Prilog 10 – QR10.....	73

1. UVOD

QR kod (engl. *Quick Response*) je matrični 2D barkod koji je postao popularan zbog svoje brze čitljivosti i mogućnosti pohrane velike količine podataka. QR tehnologija, koja dopušta modifikacije koda do 30%, omogućila je razvoj dizajnerskih QR kodova, a mobilni telefoni (tzv. pametni telefoni) pružili su mogućnost njihova korištenja svakome. Sve je to pridonijelo da se QR kod raširi po cijelom svijetu te postane još jedan moderni komunikacijski alat.

Na kolegiju Multimedijske komunikacije 2 kreirani su QR kodovi, što je bilo nešto novo, jako zanimljivo, poučno i korisno. Stoga je izabrana tema izrade vlastitih QR kodova.

U teorijskom dijelu rada objašnjena je najprije automatska identifikacija. To je termin kojim se označavaju brojne tehnologije koje omogućuju identifikaciju objekata. Zatim je objašnjena barkod tehnologija koja obuhvaća simbologiju, tehnologije tiskanja simbola, skenere, dekodere i verifikatore. Napravljena je njena podjela na linearne i 2D kodove. Linearni barkodovi se koriste kao ključ za pristup bazi gdje su pohranjeni podaci o proizvodima. 2D kodovi mogu služiti kao referenca na informaciju pohranjenju u bazi podataka na puno manjem prostoru nego je slučaj kod linearnih, a mogu služiti kao sama baza podataka. Na kraju teorijskog dijela opisan je QR kod, njegova struktura i generiranje.

U eksperimentalnom dijelu je kreirano deset vlastitih dizajnerskih QR kodova. Nazvani su imenima od QR1 do QR10. Svaki od njih sadrži različitu vrstu i količinu podataka. Opisani su postupci njihove izrade, odnosno generiranje, a zatim modificiranje. Kodovi su generirani pomoću ZXing web generatora za QR kodove na adresi <http://zxing.appspot.com/generator/>. Za dizajniranje su korišteni Adobe programski alati Photoshop i Illustrator. Tijekom mijenjanja izvornog koda ispoštovani su standardi, odnosno rađene su one modifikacije koje QR tehnologija dopušta kako bi kodovi s obzirom na dizajn ostali funkcionalni. U pročelja i pozadine kodova su dodavane boje, gradijenti, omekšavani su oštri rubovi kodova, integrirani su različiti grafički elementi te su u pozadine stavljane fotografije. Tako je iskorištena mogućnost regeneriranja oštećenih QR kodova kako bi se postigla individualizacija.

Testiranje projektiranih QR kodova provedeno je pomoću barkod čitača i optičkih čitača (aplikacije i-nigma i NeoReader instalirane na mobilnim telefonima Apple iPhone 3GS, Nokia Lumia 710 i Samsung Galaxy S III mini). Nakon provedenog istraživanja čitljivosti s obzirom na modifikacije, izneseni su rezultati istraživanja i doneseni zaključci.

Cilj rada je doći do novih rješenja za projektiranje individualiziranih QR kodova s obzirom na boju, količinu podataka, računarsku grafiku i istražiti kako te promjene u svrhu dizajna utječu na čitljivost QR koda. U skladu s tim postavljene su sljedeće hipoteze:

Hipoteza 1. Moguće je projektirati modifikacije unutar samog QR koda i ugrađivati individualizirana grafička rješenja s obzirom na boju i oblik.

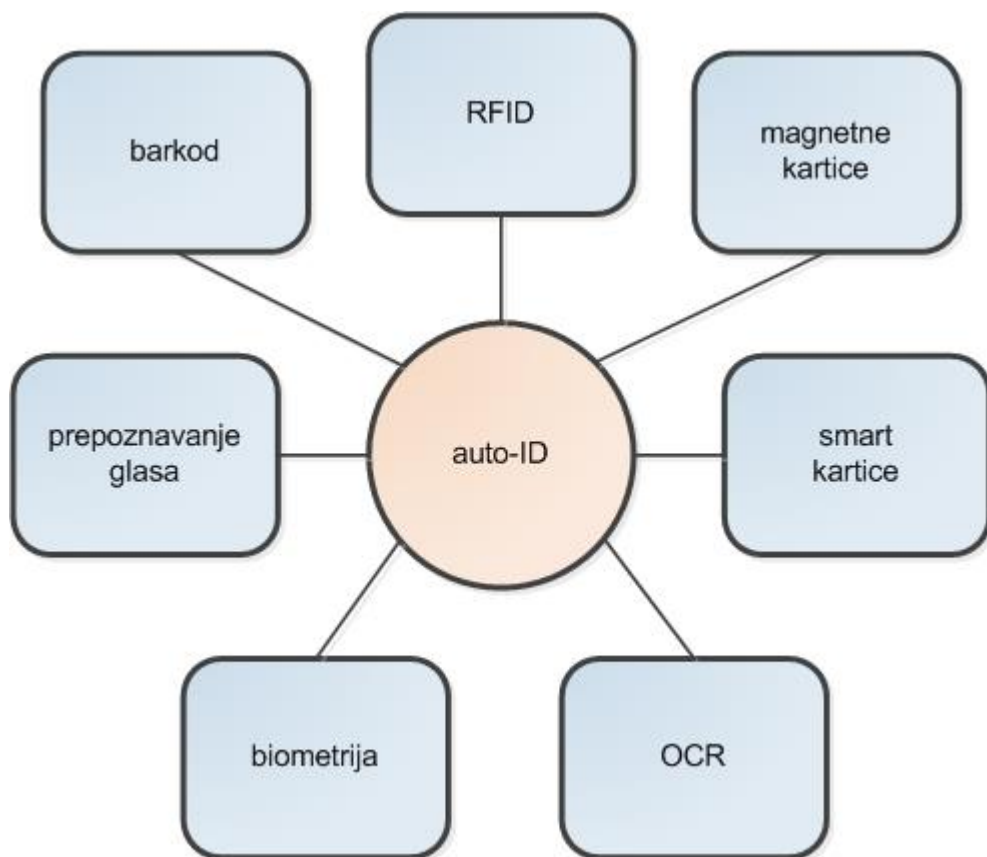
Hipoteza 2. Količina modifikacija s obzirom na strukturu koda ne smije biti veća od 30%.

Hipoteza 3. Za svaki projekt mora se provesti testiranje s obzirom na valnu duljinu bojila za barkod i optičke čitače.

2. TEORIJSKI DIO

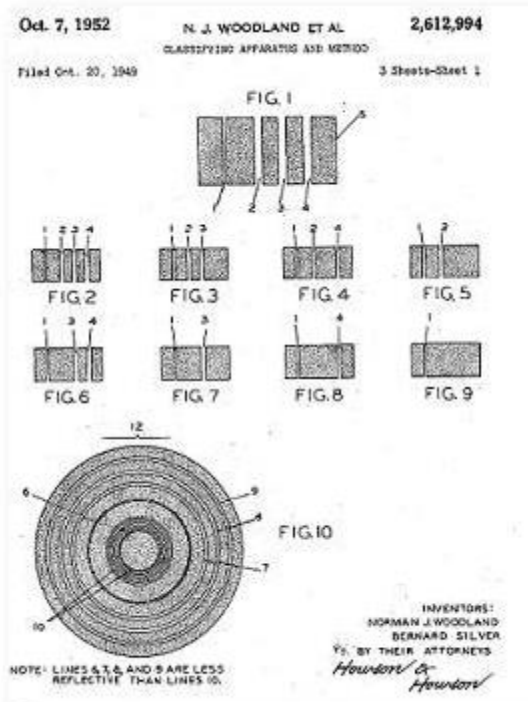
2.1 Automatska identifikacija

Terminom automatska identifikacija (engl. *automatic identification*, auto-ID) označavaju se brojne tehnologije (Slika 1) koje omogućuju strojnu identifikaciju objekata: barkod (linearne i 2D simbologije), RFID (engl. *Radio Frequency Identification* - identifikacija putem radio frekvencije), magnetne kartice, smart kartice, OCR (engl. *Optical Character Recognition* - optičko raspoznavanje znakova), biometrija (skeniranje mrežnice oka, otiska prsta i sl.), prepoznavanje glasa i dr. [1].



Slika 1 - Auto-ID

Auto-ID je logično povezana s automatskim prikupljanjem podataka (engl. *Automatic Data Capture*, ADC). Podatak o identificiranom objektu potrebno je pohraniti i/ili prenijeti dalje sa što manje ljudskog rada. Cilj automatske identifikacije sustava je povećanje učinkovitosti, smanjenje grešaka kod unosa podataka i oslobađanje ljudi od trivijalnog rada tako da se mogu posvetiti kompleksnijim zadacima koje strojevi ne mogu izvršavati [1].



Slika 2 - Prvi patent za barkod [2]

Najstarija od ADC tehnologija jest barkod ili crtični kod. Službeno je prvi patent za barkod (Slika 2) nagrađen u listopadu 1952. godine. Izdali su ga izumitelji Joseph Woodland, Jordin Johanson i Bernard Silver za svoj rad koji se temelji na identificiranju željezničkih vagona korištenjem automatiziranog sustava identifikacije vozila (engl. *Automated Car Identification*, ACI). 1966. godine se barkodovi stavljaju u komercijalnu uporabu skeniranjem prvog UPC koda (engl. *Universal Product Code* – univerzalni kod proizvoda) s pakiranja Wrigley's guma za žvakanje. Masovno se počinju koristiti oko 1980. godine [2]. U trgovini, logistici i institucijama to je najraširenija i još uvijek najpouzdanija tehnologija u automatizaciji razmjene podataka. Gotovo da ne postoji ni jedan proizvod koji nije u nekom trenutku bio označen barkodom. Roba na polici u trgovini mora biti označena barkodom, dokumenti u arhivama nose barkod zbog efikasnijeg pretraživanja, nalazimo ga na uplatnicama, putovnicama, pošiljkama u tranzitu, na lijekovima, knjigama, novinama, pčelinjim maticama i dr. [1].

Otkako barkod automatska identifikacija prije nekoliko desetljeća ulazi u upotrebu, poslovanje se u kvantitativnom i kvalitativnom smislu unaprijeđuje u proizvodnji, transportu, trgovini i mnogim drugim uslužnim djelatnostima. U skladišnom poslovanju smanjuje se mogućnost manipuliranja s krivim proizvodom i povećava se efikasnost pri upravljanju skladištem. Skraćiva se vrijeme uzimanja podataka o

inventurnim kodovima osnovnih sredstava. Automatsko uzimanje podataka na terenu omogućava brzu i točnu identifikaciju brojala pri popisu vode, električne energije, plina i ostalog. Ambulantna prodaja je također oblik terenskog uzimanja podataka, koje dodatno omogućava tiskanje raznih dokumenata, potvrda ili računa na licu mjesta. Po povratku na matičnu lokaciju, svi se podaci prenose na računalo. Označavanje barkodom u industriji omogućava praćenje proizvoda u proizvodnom procesu. Upotrebljavaju se fiksni skeneri za identifikaciju proizvoda na tekućoj traci, kao i ručni terminali za razne kontrolne preglede. Skeneri se povezuju s upravljačkim jedinicama, koje na osnovu očitano koda odlučuju o tipu operacije nad proizvodima. Ujedno se kodovi pohranjuju u baze podataka, za kasniju analizu. U trgovinama barkod na proizvodima osigurava jednostavnu, brzu i pouzdanu identifikaciju robe na prodajnom mjestu. Proizvođači robe otiskuju barkod na ambalažu u samoj proizvodnji. Omogućava se identifikacija uvoznika i zemlje. S ručnim terminalom, koji je bežično povezan s centralnim računalom, osoblje jednostavno provjerava cijene artikala, podnosi zahtjeve za prijenos artikala iz skladišta, provjerava rok trajnosti [3].

2.2 Barkod tehnologija

"Barkod tehnologija obuhvaća: simbologiju ili sustav kodiranja podataka koji će biti optički čitani, tehnologije tiskanja simbola kakve strojevi mogu čitati, skenere i dekodere koji te simbole čitaju i konvertiraju u digitalne podatke razumljive računalu te verifikatore koji provjeravaju valjanost otisnutih barkod simbola [4]."



Slika 3 - UPC barkod
(izvor: <https://www.erpnext.com/using-barcodes-to-ease-data-entry>)

Kako je sve više tvrtki počelo koristiti barkodove za različite namjene, uvedene su nove vrste barkodova da bi se zadovoljili različiti zahtjevi. Uskoro barkodovi nisu bili

samo brojevi, nego i slova također. Ove varijacije su poznate kao simbologije [2]. Do danas je definirano više od 200 različitih barkod simbologija ili jezika. Malo ih je u praktičnoj upotrebi, a još manje globalno raširenih i prihvaćenih. Svaki barkod sustav kodiranja podataka ima vlastita pravila za kodiranje znakova, zahtjeve u odnosu na tisak i dekodiranje te provjeru. Ti sustavi se razlikuju i po načinu na koji predstavljaju podatke i prema tipu podataka koje mogu predstaviti (neki dozvoljavaju isključivo numeričke podatke, neki mogu kodirati alfanumeričke znakove s dodatkom nekoliko znakova interpunkcije, odnosno set od 128 znakova ili 256 znakova ASCII seta). Najnoviji sustavi uključuju i mogućnost kodiranja različitih jezika u istom simbolu, čak i rekonstrukciju podataka oštećenog simbola putem namjerne redundancije [4].

Prema količini i strukturi podataka barkodovi se dijele na linearne ili jednodimenzionalne (engl. *one-dimensional*, 1D) i dvodimenzionalne (engl. *two-dimensional*, 2D). Jednodimenzionalni barkodovi se nazivaju tako zato što se skeniraju (čitaju) samo u jednom smjeru – horizontalno. To su tradicionalni, klasični barkodovi koji se viđaju svaki dan. U sebi nose samo jedan podatak, obično šifru proizvoda na koji se barkod odnosi. Najpoznatiji jednodimenzionalni barkodovi su Codabar, Code 128, Code 39, Code 93, EAN, Interleaved 2 of 5 i UPC (Slika 3). 2D kodovi su barkodovi sljedeće generacije. Dobili su to ime jer se mogu čitati i horizontalno i vertikalno čime se povećava gustoća informacija koje se mogu kodirati na jednako velikom prostoru. Nisu nositelji samo šifre proizvoda već u sebi nose čitav niz informacija o samom proizvodu. Najpoznatiji dvodimenzionalni barkodovi su Aztec, Code One, Code 16K, Code 49, Data Matrix, MaxiCode, MicroPDF417, PDF 417, SuperCode i QR [5].

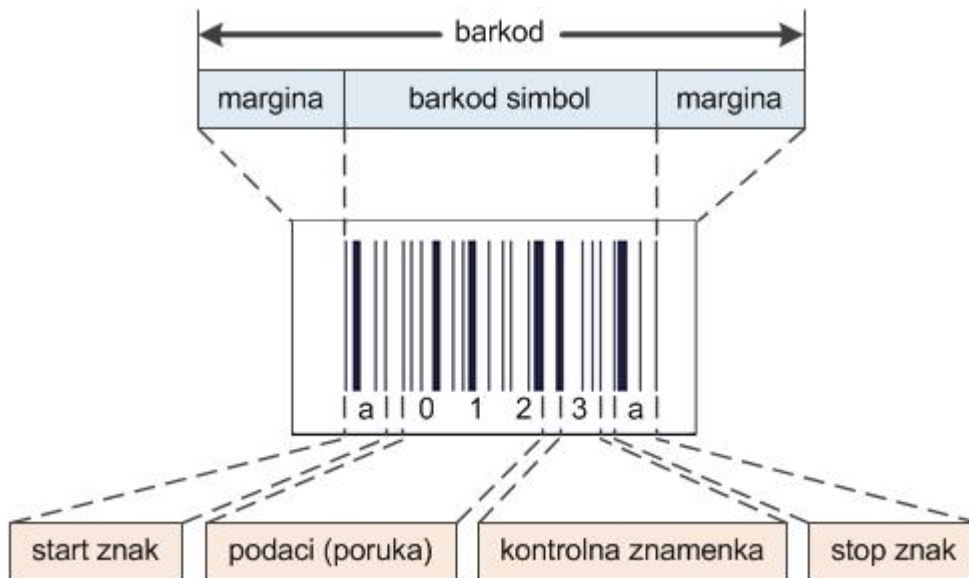
Tablica 1 - Shematski prikaz podjele kodova [4]

Linearni barkod		2D kod	
Numerički kodovi	Alfanumerički kodovi	Složeni kodovi	Matrični kodovi
EAN/UPC	Code 128	Code 49	Code One
Interleaved 2 of 5 (ITF)	Code 39	Code 16K	MaxiCode
	Code 93	PDF417	Data Matrix
	Codabar	MicroPDF417	Aztec Code
		SuperCode	QR Code

2.2.1 Linearni barkod

Linearni barkod je simbol sastavljen od okomitih nizova crta i praznina među crtama. Koristi se kao ključ za pristup bazi gdje su pohranjeni podaci o proizvodima. Najveći nedostatak ovog načina predstavljanja podataka je ograničena količina podataka koja se može spremiti u barkod.

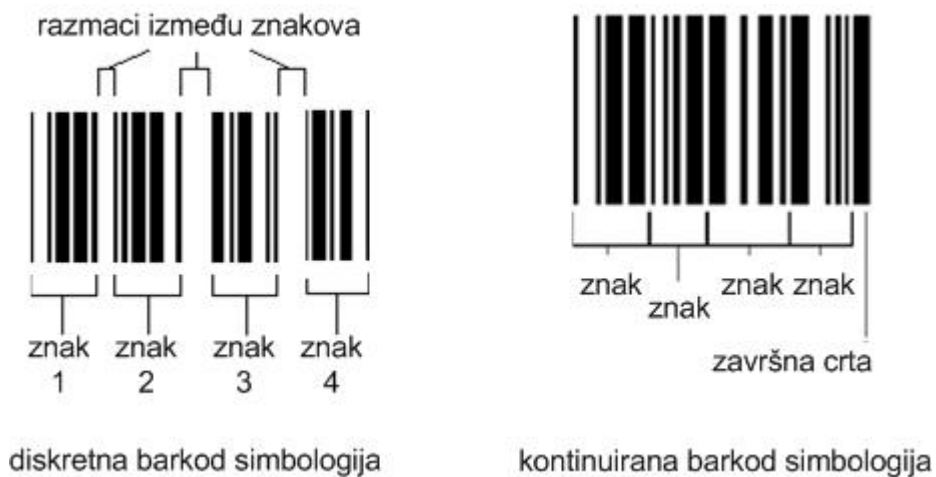
Za pravilno skeniranje, većina barkodova osim barkod simbola (prostor koji se sastoji od crta i razmaka) mora imati margine (Slika 4). To je prazan prostor sa svake strane, obično bijeli, gdje se ništa ne ispisi. Naziva se još tiha zona (quiet zone) i trebao bi biti barem deset puta veći od najužeg elementa (crte ili praznine) datog barkoda. Svaka simbologija na krajevima koristi posebne start i stop znakove. Ti znakovi identificiraju sustav kodiranja znakova i omogućavaju čitaču očitavanje jer naznačuju početak i kraj podataka. Barkod na svom kraju može imati i kontrolnu znamenku koja se izračunava na temelju prethodnih znakova u skladu s određenim algoritmom. Ta kontrolna znamenka služi za provjeru ispravnog dekodiranja simbola. Barkod simbol može imati i interpretacijsku liniju koja se nalazi ispod samih štapića i praznina. To je otisnuti niz znakova koje simbol predstavlja. Na taj način je omogućeno da i ljudi mogu pročitati isti sadržaj kao i barkod čitač.



Slika 4 - Struktura barkoda [6]

Sustav kodiranja podataka može biti diskretni ili kontinuirani (Slika 5). Kod diskretnog sustava svaki pojedini znak u barkod simbolu može biti interpretiran individualno bez obzira na ostale znakove. U takvim sustavima kodiranja, znakovi i počinju i završavaju s crtom (ne prazninom, razmakom), a odvojeni su određenim

razmakom koji sam po sebi ne nosi značenje. U kontinuiranim sustavima kodiranja znakovi se ne mogu promatrati odvojeno jedan od drugoga jer počinju crtom, a završavaju prazninom. Praznina završava tamo gdje počinje slijedeći znak. Dakle, ne može se znati koliko je široka zadnja praznina u znaku ako se ne uzme u obzir početak slijedećeg znaka. Kontinuirani sustav kodiranja uključuje i neku vrstu oznake kraja simbola pa je posljednja praznina zadnjeg znaka označena završnom crtom. Uz jednake uvjete, diskretni sustav kodiranja zahtijeva više prostora za prikaz istog podatka jer uključuje još i razmake među pojedinim znakovima. Prednost mu je što se može otisnuti s manjom kvalitetom (jeftinijim printerom) i ima veću toleranciju u skeniranju koda. Osim navedenog, nema značajnih razlika između ova dva tipa sustava kodiranja podataka, odnosno ne može se reći da je jedan pouzdaniji od drugog.



Slika 5 - Diskretna i kontinuirana simnologija [4]

Barkod sustavi kodiranja podataka se također razlikuju po broju mogućih širina crta i praznina među crtama. Postoje simnologije s dvije ili više mogućih širina. Kod simnologija koje dozvoljavaju samo dvije širine, crte i praznine su ili široke ili uske. Dovoljno je odrediti kolika je točno širina uskog elementa, a sve ostalo je široko pa je taj pristup jednostavniji i dozvoljava veću toleranciju pri tisku. Nasuprot tome, sustav kodiranja s više dopuštenih širina elemenata može imati crte i praznine dva, tri ili više puta šire od najužeg elementa. Kodiranje podataka je efikasnije zbog većeg broja mogućih kombinacija. Barkod simbol je uži. Širina najužeg elementa određuje širinu svih ostalih crta i praznina između njih. Što je ta širina veća, to će i barkod simbol biti veći i lakše će se skenirati. Simnologije s više širina su obično kontinuirane.

Kod barkod sustava kodiranja broj znakova u simbolu nije jednak pa razlikujemo sustave kodiranja fiksne i varijabilne duljine. Točno određen broj znakova u simbolu imaju sustavi kodiranja fiksne duljine. Naprimjer, u svakom EAN-13 simbolu biti će kodirano dvanaest znamenki (trinaesta znamenka je kontrolna), a u EAN-8 uvijek samo sedam znamenaka (uz osmu kontrolnu). Sustavi kodiranja varijabilne duljine nemaju to ograničenje pa se naprimjer u simbolu koda Code128 može naći onoliko znakova koliko fizički može biti otisnuto.

Simbologija može biti samo-provjeravajuća. To ne znači da ima algoritam koji bi mogao, ako dođe do pojedine tiskarske greške, nekako ispraviti tu pogrešku. Pogrešno otisnuti barkod neće biti pročitano, odnosno onemogućeno je da se pogrešni znak pročita kao neki drugi ispravni znak [4].

2.2.2 2D kod

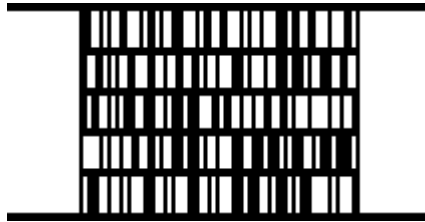
Potreba za smještanjem sve više informacija na mali prostor potaknula je razvoj, standardizaciju i porast uporabe 2D simbologija. Dok linearni kod služi kao referenca na informaciju pohranjenu u bazi podataka, 2D kod može služiti istoj svrsi na puno manjem prostoru ili može služiti kao sama baza podataka, noseći sve potrebne podatke o označenom objektu [4]. Dvodimenzionalni kod pohranjuje informacije po visini, kao i duž simbola [7]. Može pohraniti puno više podataka od linearnog barkoda. Individualni simbol može sadržavati do 7000 numeričkih ili 4200 alfa-numeričkih znakova. Neki od 2D sustava kodiranja imaju mogućnost podjele sadržaja na više simbola pa je praktički moguće kodirati neograničeno dugu poruku. Nedostatak 2D simbologija je potreba specijalnog čitača, obično skupljeg od standardnog.

Dvodimenzionalni kodovi dijele se na: složene (engl. *stacked*) i matrične (emgl. *matrix*). Složeni 2D kod je u obliku stoga, kao kolekcija linearnih simbola naslaganih u određenu strukturu u više redova. Simbol matričnog 2D koda je u obliku matrice, sastoji se od svijetlih i tamnih krugova, kvadrata ili heksagonalnih elemenata.

Složene simbologije nastale su od linearnih kodova. Code 39 složen horizontalno u stog u više redova daje Code 49, a Code 128 (Slika 6) složen na taj način daje Code 16K (Slika 7).



Slika 6 - Linearni barkod Code 128 s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na <http://www.barcode-generator.org/>



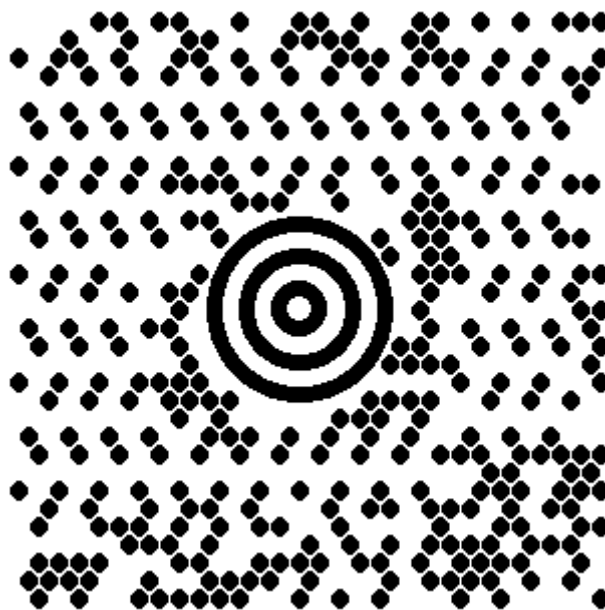
Slika 7 - 2D barkod Code 16K s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na <http://www.barcode-generator.org/>

Poslije je razvijen i PDF417 (Slika 8) s još većim kapacitetom i gustoćom zapisa te s većom čitljivošću. Dozvoljava puni ASCII set znakova, može kodirati oko 2000 znakova na 4 kvadratna inča. SuperCode je nova varijanta paketnog složenog koda gdje su podaci razbijeni u manje pakete i organizirani u simbole različitih oblika.



Slika 8 - 2D barkod PDF417 s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na <http://www.barcode-generator.org/>

U odnosu na složene sustave kodiranja, matrični najčešće imaju još veću gustoću zapisa i omogućavaju skeniranje bez obzira na orijentaciju. Simbol matričnog koda je sastavljen od uzoraka ćelija koji mogu biti kvadratni, heksagonalni ili kružni. Podaci su kodirani putem relativnih pozicija svijetlih i tamnih elemenata, a simbologija sadrži i tehnike za detekciju i korekciju grešaka. Stoga je pouzdanost očitavanja veća kao i čitanje i djelomično oštećenih simbola. Kako su matrični kodovi skalabilni, prikladni su i za označavanje malih proizvoda kao i za velike oznake na paletama i konvejerima [4]. Neki od matričnih 2D kodova prikazani su na sljedeće četiri slike.



Slika 9 - Matrični 2D barkod MaxiCode s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na <http://www.barcode-generator.org/>



Slika 10 - Matrični 2D barkod Data Matrix s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na <http://www.barcode-generator.org/>



Slika 11 - Matrični 2D barkod Aztec Code s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na <http://www.barcode-generator.org/>



Slika 12 - Matrični 2D barkod QR Code s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na <http://www.barcode-generator.org/>

U posljednje se vrijeme 2D kodovi mogu sve češće susresti. Razvojem mobilnih komunikacija i interneta oni se, od svoga ishodišta na dalekom istoku, preko SAD i zapadne Europe, nezaustavljivo šire svijetom. 2D kod u sebi može sadržavati tekst, link na internet stranicu, email adresu, telefonski broj itd. Kada korisnik u časopisima, na plakatima, brošurama, posjetnicama, računalnim zaslonima i slično naiđe na kod, on ga pomoću kamere ugrađene u svoj mobilni uređaj jednostavno uslika, a kod se zatim dekodira pomoću softverskog čitača, odnosno aplikacije za čitanje 2D kodova. 2D kodovi su sada veza između fizičkog i digitalnog svijeta. Ispisani medij postao je interaktivan. Sve više novih modela mobilnih uređaja u sebi imaju softver za

dekodiranje 2D kodova. Za mobilne uređaje koji ga nemaju postoje jednostavne aplikacije koje se mogu skinuti i instalirati [8].

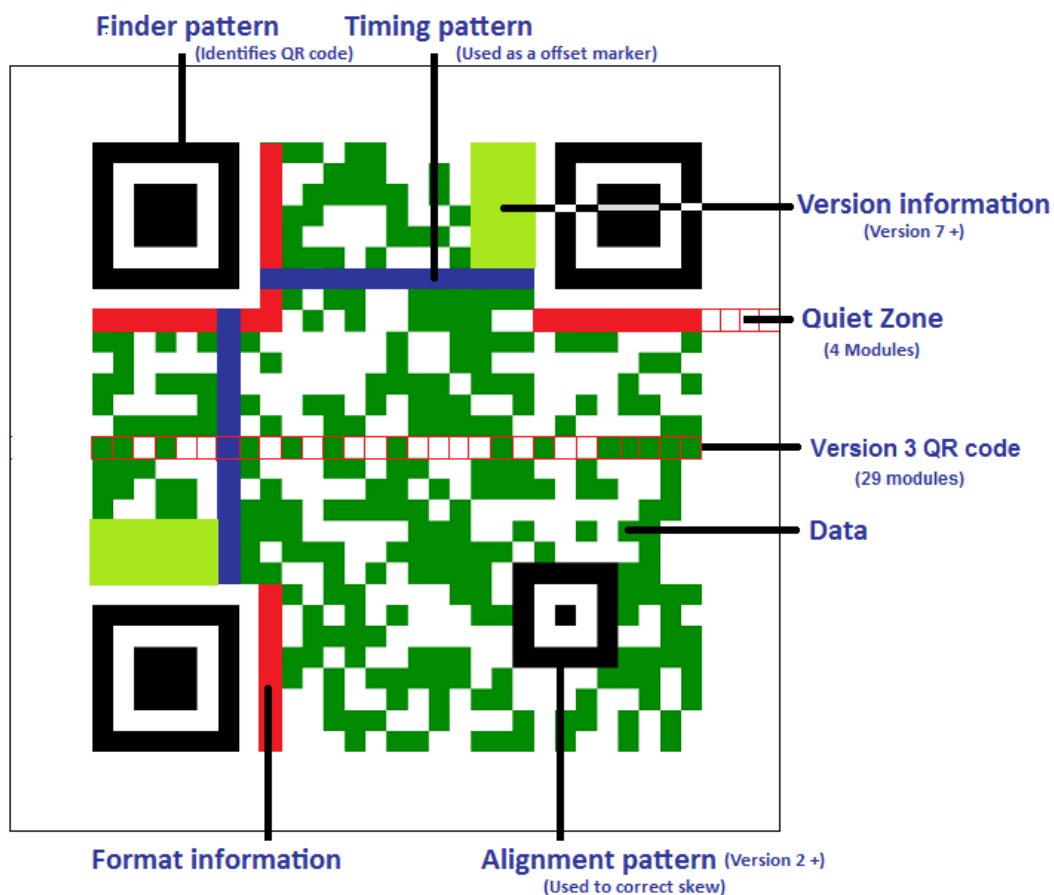
Najpoznatiji 2D barkod u svijetu je QR kod. Svoj uspjeh je stekao u Japanu od 2000-te godine, gdje je sada standard. U 2011. godini prosječno je svaki Japanac dnevno skenirao pet QR kodova - više od prosječnog broja poslanih SMS poruka. U 2010. godini QR kod se počeo širiti u SAD-u, a zatim u Europi, gdje se posebno može vidjeti u reklamama [9].

2.3 QR kod

QR kod je 1994. godine razvila japanska tvrtka Denso Wave. Ima sposobnost brze obrade podataka, otkuda je i dobio ime ("Quick Response"). Namijenjen je za pomoć u praćenju automobila tijekom procesa proizvodnje, a danas je našao uporabu u različitim područjima ljudske djelatnosti, uključujući i komercijalnu uporabu za reklamiranje. Tvrtka Denso Wave ima patentna prava na QR kod ali ih ne koristi pa je QR kod ISO standard slobodno dostupan svakome [10].

2.3.1 Struktura QR koda

QR kod se sastoji od funkcionalnih uzoraka koji omogućuju lagano očitavanje i od područja podataka gdje su pohranjeni podaci (Slika 13). Uzorci za nalaženje (eng. *Finder Pattern*) su tri velika četverokuta smještena u kutovima koda. Oni omogućavaju detektiranje pozicije, veličine i kuta koda. Uzorak za poravnanje (eng. *Alignment Pattern*) služi za korekciju distorzije QR koda. Ima visoku učinkovitost kod korekcije nelinearnih distorzija. Uzorak za podešavanje vremena (eng. *Timing Pattern*) služi za identificiranje centralne koordinate svake ćelije u QR kodu sa bijelim i crnim uzorcima poslaganim naizmjenično. Koristi se za korekciju centralne ćelije za podatke kada je kod iskrivljen ili kada postoji pogreška u nagibu ćelije. On je smješten u vertikalnom i horizontalnom smjeru. Tiha zona (eng. *Quiet Zone*) je područje bez podataka potrebno za čitanje QR koda. Olakšava detektiranje koda pokraj slike očitano CCD skenerom. Četiri ili više ćelija je potrebno za tiha zonu. Područje podataka (eng. *Data Area*) je područje gdje su pohranjeni podaci QR koda.



Slika 13 - Struktura QR koda
(izvor: <http://www.qrme.co.uk/qr-code-resources/understanding-a-qr-code.html>)

Verzije QR koda se rangiraju od verzije 1 do verzije 40. Svaka od tih verzija ima različitu konfiguraciju modula ili broj tih modula (modul u ovom slučaju predstavlja crne i bijele elemente koji sačinjavaju QR kod).

Tablica 2 - Specifikacije QR koda [10]

Veličina simbola	21x21 - 177x177 (+4 modula sa svake strane)	
Vrsta i količina podataka	Numerički znakovi	Maksimalno 7089 znakova
	Alfanumerički znakovi	Maksimalno 4296 znakova
	Binarni znakovi (8 bit)	Maksimalno 2953 znakova
	Kanji znakovi	Maksimalno 1817 znakova
Funkcionalnost povezivanja	Mogućnost podjele u maksimalno 16 simbola	

Svaka veća verzija obuhvaća četiri dodatna modula po svakoj strani. Svaka QR kod verzija ima kapacitet maksimuma podataka prema količini podataka, osobine znakova i granicu korekcije grešaka. Drugim riječima, što više raste količina podataka, to zahtijeva i veći broj modula, rezultirajući dalje povećanjem samog QR koda. QR kod ima sposobnost korekcije grešaka kako bi obnovio podatke ako je kod prljav ili oštećen. Postoje četiri razine korekcije grešaka koje su dostupne korisnicima kako bi ih odabrali prema operativnim potrebama. Povećavajući te razine, poboljšavaju se i kapaciteti korekcije grešaka, ali isto tako se povećavaju količine podataka koda. Za odabiranje razine korekcije grešaka, određeni čimbenici kao što su svrhe korištenja i veličina QR koda, moraju biti stavljene u obzir. Razine Q ili H se mogu odabrati za industrijsku upotrebu gdje se kodovi zaprljaju, a opet razina L može biti odabrana za čiste okoline s velikom količinom podataka. Uobičajeno, razina M (15%) je najčešće upotrebljavana [10].

Tablica 3 - Korekcija grešaka [10]

Kapacitet korekcije grešaka	
Razina L	7% kodnih riječi može biti obnovljeno
Razina M	15% kodnih riječi može biti obnovljeno
Razina Q	25% kodnih riječi može biti obnovljeno
Razina H	30% kodnih riječi može biti obnovljeno

Razine korekcije grešaka funkcioniraju na principu Reed Solomon algoritma, kojeg su razvili članovi MIT Lincoln Laboratory, Irving S. Reed i Gustav Solomon 1960. godine. Oni su opisali sustavni način nadogradnje kodova koja može otkriti i ispraviti pogreške više slučajnih simbola. Reed Solomon kodovi se koriste za ispravljanje pogrešaka u mnogim sustavima uključujući: uređaje za pohranu, bežične ili mobilne komunikacije, satelitske komunikacije, digitalnu televiziju/DVB, visoko brzinske modeme poput ADSL-a, Xdsl-a i dr.

Reed Solomon koder uzima blok digitalnih podataka i dodaje „suvišne“ bitove. Pogreške nastaju tijekom prijenosa ili pohrane zbog niza razloga (pr. šuma ili smetnji, ogrebotina na CD-u itd.). Reed Solomon dekodekter obrađuje svaki blok i pokušava ispraviti pogreške i obnoviti izvorne podatke. Broj i vrsta pogrešaka koje mogu biti

ispravljenе ovise o karakteristikama Reed Solomon koda. Reed Solomon kodovi su podskup BCH kodova, te su linearni blok kodovi. Reed Solomon kod je naveden kao $RS(n, k)$ sa s -bitnim simbolima. To znači da koder uzima k podatke svakog simbola s -bita i dodaje paritetne simbole kako bi napravio n simbola kodne riječi. Ima $n - k$ paritetnih simbola svakog s -bita. Reed Solomon dekoder može ispraviti do t simbola koje sadrže pogreške u kodnoj riječi gdje je $2t = n - k$.

Reed Solomon algebarski postupak dekodiranja može brisati i ispraviti pogreške. Brisanje se pojavljuje kada je položaj pogrešnog simbola poznat. Dekoder može ispraviti sve do t pogrešaka, a brisati sve do $2t$. Kada se dekodira kodna riječ moguća su tri ishoda:

1. ako je $2s + r < 2t$ (s pogreške, r brisanja), onda će uvijek izvorno prenesene kodne riječi biti obnovljene,
2. inače, dekoder će otkriti da ne može vratiti izvornu kodnu riječ i navest će tu činjenicu,
3. ili, dekoder će dekodirati i obnoviti krivu kodnu riječ bez ikakvih oznaka.

Vjerojatnost od svake navedene tri mogućnosti ovisi od vrste Reed Solomon koda, a i o broju i rasporedu pogrešaka.

Reed Solomon kodovi se temelje na specijalnom području matematike poznatom kao Galois područja ili konačna polja, te je kod Reed Solomon-a kodna riječ generirana posebnim polinomima. Sve važeće kodne riječi su točno djeljive s polinomom generatora.

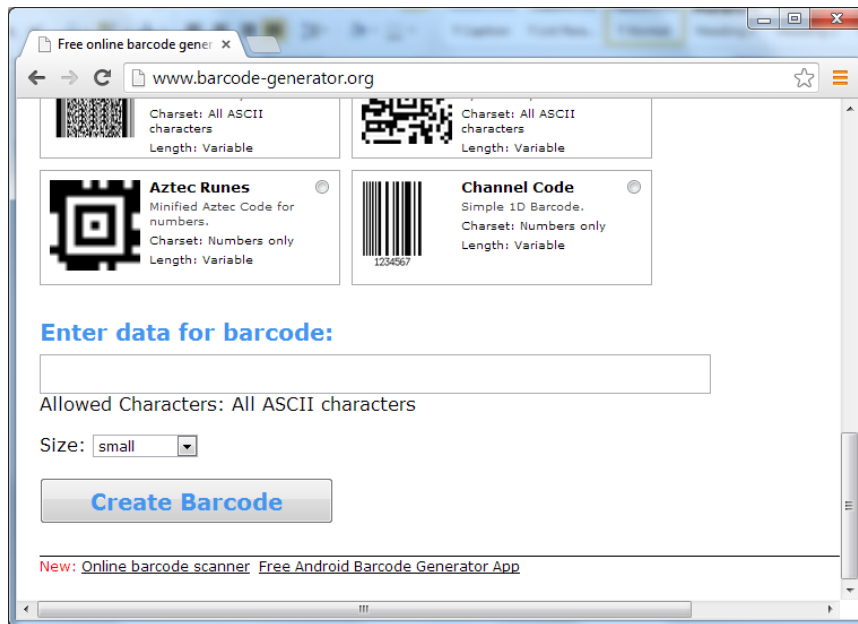
Opći oblik polinoma generatora je $g(x) = (x - \alpha^j)(x - \alpha^{j+1}) \dots (x - \alpha^{j+2t})$, a kodna riječ je konstruirana pomoću: $c(x) = g(x) \cdot i(x)$, gdje je $g(x)$ polinom generatora, $i(x)$ blok podataka, $c(x)$ važeća kodna riječ, pa se naziva primitivni element polja [11].

2.3.2 Generiranje QR koda

U QR kod se mogu pohraniti različite vrste sadržaja kao što su: web adresa, obični tekst, adresa elektroničke pošte, telefonski broj, geološka lokacija, događaj u kalendaru, bežična mreža, podsjetnica i dr. To zavisi i od izabranog generatora.

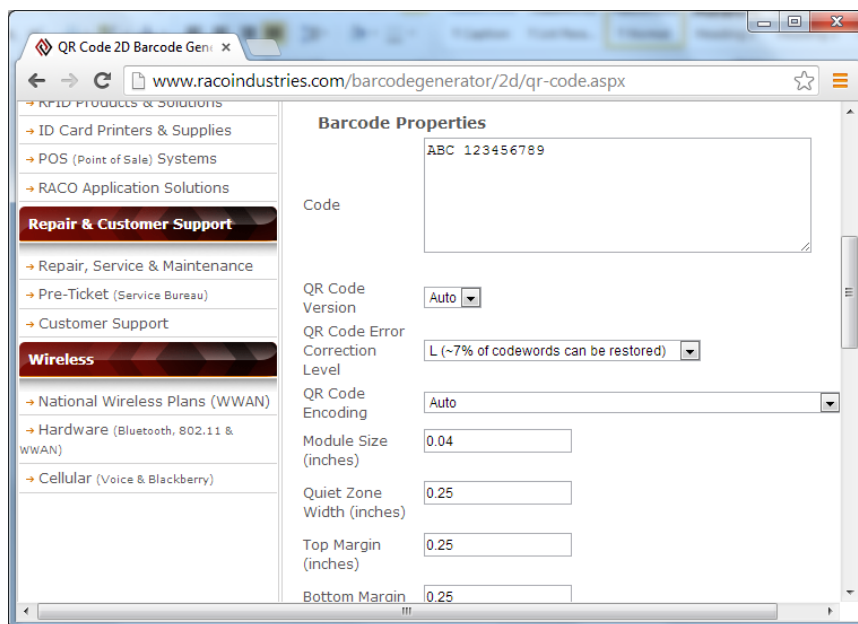
Za generiranje QR kodova postoje razni besplatni web generatori te aplikacije koje se mogu instalirati na računalo. Nisu svi generatori jednako složeni pa tako imaju oni jednostavni s manje mogućnosti i složeniji s više ponuđenih opcija.

Primjer jednostavnog web generatora je Barcode Generator, prikazan na sljedećoj slici. Tu je potrebno samo odabrati vrstu koda koji se želi izgenerirati te upisati podatke koje se želi spremiti. Može se još odabrati veličina koda.



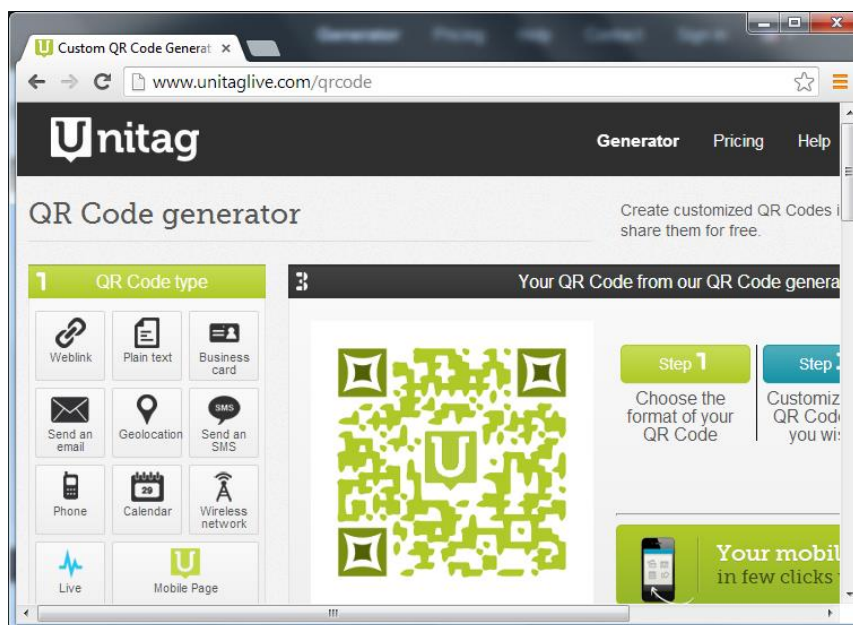
Slika 14 – Primjer jednostavnog generatora barkodova

QR Code Generator (Slika 15) je primjer složenijeg generatora. Tu se može odabrati verzija QR koda, razina korekcije grešaka, vrsta podataka koji se žele kodirati, veličina modula, veličina tihe zone, veličine gornje i donje margine te format u kojem se kod želi spremiti.



Slika 15 Primjer složenijeg generatora barkodova

Osim takvih, postoje i vizualni generatori kao što je Unitag, prikazan na sljedećoj slici. Ti generatori osim što pružaju mogućnost generiranja koda, nude još različite opcije za stilizaciju kodova.



Slika 16 - Primjer vizualnog generatora barkodova

Karakteristike QR koda, obrazložene u prethodnom poglavlju su omogućile razvoj dizajnerskih QR kodova. Izgenerirani QR kod ne mora ostati u crno-bijeloj formi niti istog oblika. Pomoću programa za uređivanje slike se može dizajnirati. Trebaju se samo poštivati standardi da bi kod ostao čitljiv.

Osim barkod čitačima, QR kodovi se mogu čitati i optičkim čitačima kao što su pametni telefoni (engl. *smartphone*). Takvi mobiteli pomoću ugrađene kamere i instalirane aplikacije za čitanje kodova bez problema skeniraju QR kodove. Besplatnih aplikacija za čitanje kodova ima veliki broj. Ako je mobitel spojen na internet, korisnici recimo nakon skeniranja koda koji predstavlja web adresu, mogu direktno otvoriti web stranicu.

Zahvaljujući pametnim telefonima, popularnost QR kodova je u posljednjih nekoliko godina naglo porasla. Prisutni su na mnogim mjestima, na posterima, časopisima, posjetnicama, reklamnim panoima itd. Primjer primjene QR koda prikazan je na sljedećoj slici. To je plakat sa stiliziranim QR kodom koji je napravio Muzejski dokumentacijski centar.



Slika 17 - Primjer primjene QR koda
(izvor: <http://www.mdc.hr/hr/kalendar-dogadanja/?d=18-5-2011&t=o&vid=676&c=mdc>)

QR kodovi se mogu i zloupotrebjavati. "Najjednostavnija dosad zabilježena vrsta zlouporabe QR koda je ubacivanje poveznice (linka) koja vodi na maliciozno sjedište. Takvo web sjedište može, kao i inače, iskorištavati neku od ranjivosti web preglednika na mobilnom uređaju kako bi na uređaj instalirao malver. Kasnije taj malver obično otima povjerljive korisničke podatke i šalje ih napadačima [12]."

3. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu je kreirano deset vlastitih dizajnerskih QR kodova. Nazvani su imenima od QR1 do QR10. Svaki od njih sadrži različitu vrstu i količinu podataka. Opisani su postupci njihove izrade, odnosno generiranje, a zatim modificiranje. Kodovi su generirani pomoću ZXing web generatora za QR kodove na adresi <http://zxing.appspot.com/generator/>. Za dizajniranje su korišteni Adobe programski alati Photoshop i Illustrator. Tijekom mijenjanja izvornog koda ispoštovani su standardi, odnosno rađene su one modifikacije koje QR tehnologija dopušta kako bi kodovi s obzirom na dizajn ostali funkcionalni. U pročelja i pozadine kodova su dodavane boje, gradijenti, omekšavani su oštri rubovi kodova, integrirani su različiti grafički elementi te su u pozadine stavljane fotografije. Tako je iskorištena mogućnost regeneriranja oštećenih QR kodova kako bi se postigla individualizacija.

Tijekom izrade, QR kodovi su testirani radi provjere kako te promjene u svrhu dizajna utječu na čitljivost samih kodova. Istraživanje je provedeno s ciljem dokazivanja postavljenih hipoteza:

- hipoteza 1 - Moguće je projektirati modifikacije unutar samog QR koda i ugrađivati individualizirana grafička rješenja s obzirom na boju i oblik.
- hipoteza 2 - Količina modifikacija s obzirom na strukturu koda ne smije biti veća od 30%.
- hipoteza 3 - Za svaki projekt mora se provesti testiranje za barkod čitače i optičke čitače s obzirom na valnu duljinu bojila.

3.1 Metodologija istraživanja

Testiranje projektiranih QR kodova provedeno je pomoću mobilnih telefona Apple iPhone 3GS, Nokia Lumia 710 i Samsung Galaxy S III mini (Slika 18) te pomoću barkod čitača. Kvaliteta očitavanja kodova na mobitelima ovisi o tome kakvu kameru imaju pa tako mobiteli sa slabijom kamerom ne mogu pročitati kodove koje mogu mobiteli s jačom kamerom. iPhone s operacijskim sustavom iOS 5.0.1 ima kameru od 3,15 MP, Lumia s operacijskim sustavom Microsoft Windows Phone 7.5 Mango ima kameru od 5 MP, a Galaxy s operacijskim sustavom Android v4.1 Jelly Bean također ima kameru od 5 MP. Prilikom obrade QR kodova, nakon svake promjene izvršene nad kodom, provjerena je čitljivost samog koda očitavanjem s ekrana računala. To je

najčešće testirano s iPhone-om jer ima kameru s najmanje MP-a pa ne može pročitati sve kodove koje druga dva mobitela s kamerama od 5 MP-a mogu. Da bi mobilni telefon mogao čitati kodove, osim kamere mora imati instaliran odgovarajući program za to. Zbog toga su na sva tri uređaja instalirane dvije aplikacije za čitanje barkodova, i-nigma i NeoReader. To su jedni od najkorištenijih mobilnih barkod čitača, a i razvijeni su za sve operacijske sustave korištene tijekom istraživanja.



Slika 18 - Mobilnih telefoni Apple iPhone 3GS, Nokia Lumia 710 i Samsung Galaxy S III mini korišteni za testiranje s instaliranim aplikacijama i-nigma i NeoReader

Na sljedećoj slici prikazano je kako se barkod skenerom na blagajni trgovine skeniraju kreirani QR kodovi.



Slika 19 - Barkod čitač na blagajni u trgovini skenira kreirane QR kodove

Da bi se mogla dokazati druga hipoteza, potrebno je doći do podataka o količini oštećenja projektiranih kodova, odnosno podataka o količini modifikacija. To su namjerne dizajnerske promjene koda napravljene u svrhu prilagodbe izgleda sadržaju kojeg kod ima pohranjen u sebi. Za dobivanje tih podataka korišten je gotov program za izračunavanje razlike između dvije slike u postocima. Dostupan je na web adresi http://rosettacode.org/wiki/Percentage_difference_between_images#Python. Tako su uspoređivani izvorni izgenerirani QR kodovi s tim istim ali uređenim kodovima i dobiveni su traženi rezultati.

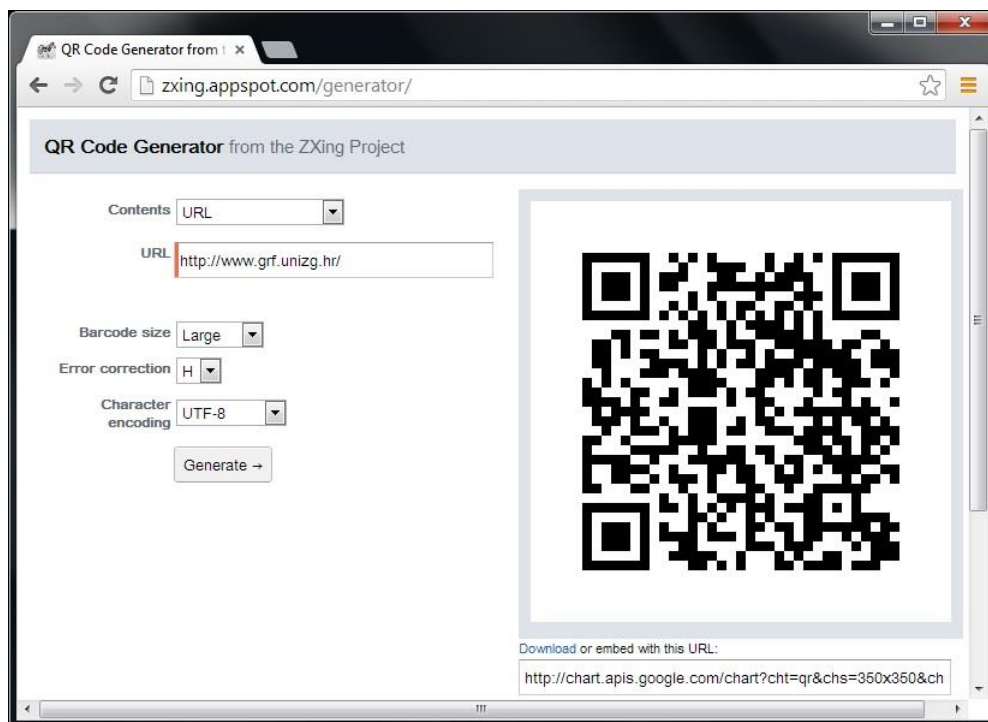
iPhone ima automatski ugrađenu opciju snimanja zaslona pa su tijekom testiranja čitljivosti kreiranih kodova snimljeni rezultati očitavanja i-nigma i NeoReader čitačima. To je zatim prikazano za svaki izrađeni kod.

3.2 Projektiranje individualiziranih QR kodova

Da bi se projektirao individualizirani QR kod, najprije ga je potrebno izgenerirati. Korišteni generator za QR kodove podržava devet vrsta sadržaja za kodiranje:

- kalendar događaja,
- informacije za kontakt,
- adresu elektroničke pošte,
- zemljopisnu lokaciju,
- telefonski broj,
- SMS poruku,
- tekst,
- URL (web adresu) i
- bežičnu mrežu.

Upotrijebljene su gotovo sve vrste sadržaja prilikom generiranja kodova. Mogu se izabrati i tri veličine barkoda koji se želi izgenerirati: mala, srednja i velika. Generirani su najveći mogući kodovi radi što lakše obrade. Također je ponuđena mogućnost odabira sve četiri razine korekcije pogrešaka: L, M, Q i H. Za kreirane kodove korištena je H razina korekcije pogrešaka radi što veće slobode kod modifikacija kodova. Osim toga moguće je izabrati između tri formata znakova koji se kodiraju: UTF-8, ISO-8859-1 i Shift_JIS. Za format znakova odabran je UTF-8 pa su se stoga mogli kodirati i latinični znakovi č, ć, dž, đ, š i ž. Kako izgleda navedeni generator prikazano je na sljedećoj slici.

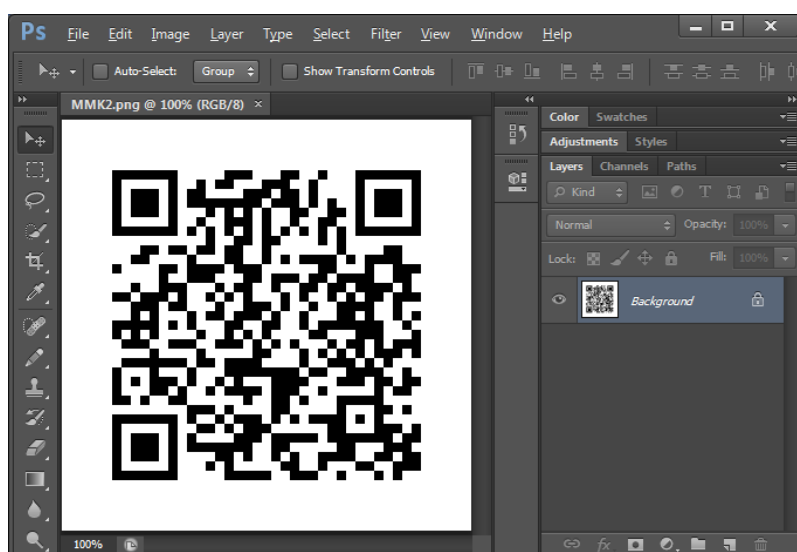


Slika 20 – Korišteni generator QR kodova

Izgenerirani kodovi su spremljeni na računalo. Zatim su slike otvorene u Photoshop-u ili Illustrator-u za uređivanje.

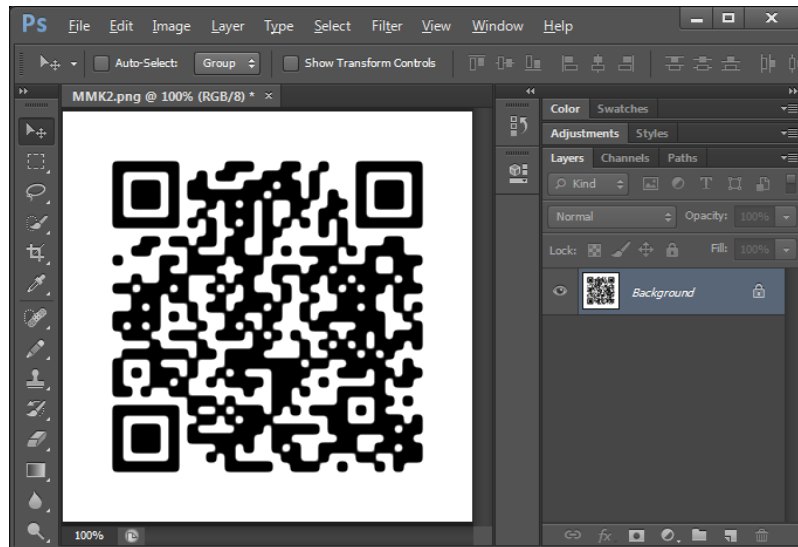
3.2.1 Individualizirani kod QR1

Prvi izgenerirani kod (Slika 21) sadrži tekst: “Multimedijске komunikacije 2”. To je naziv kolegija na kojem su rađeni QR kodovi, odnosno naziv kolegija iz kojeg je prijavljena tema ovog diplomskog rada. Kod je dalje obrađen Photoshop-u.



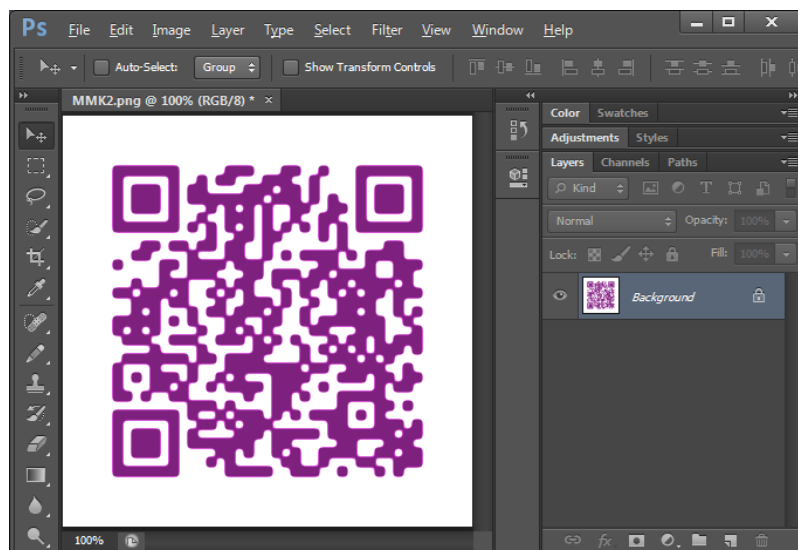
Slika 21 - QR1 - 1. faza

Najprije je iskorištena mogućnost promjene oblika. Oštri rubovi koda su zaobljeni korištenjem filtera za zamućivanje i zatim izoštravanjem (Slika 22).



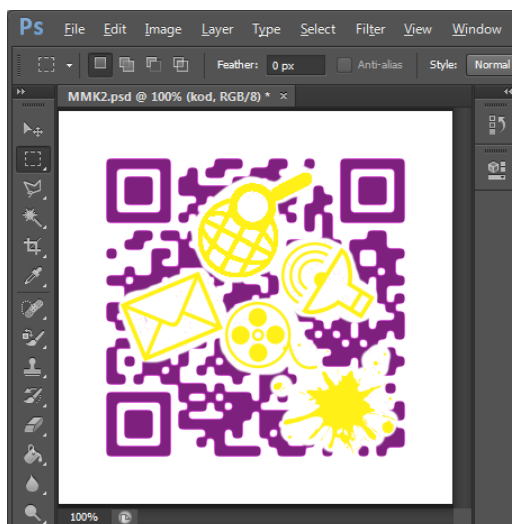
Slika 22 - QR1 - 2. faza

Nakon što je dobiven željeni rezultat, dodana je boja jer kod ne mora nužno biti crno-bijeli. Pročelje koda obojeno je u ljubičasto (Slika 23). Kod je nakon provjere i dalje čitljiv.



Slika 23 - QR1 - 3. faza

QR tehnologija omogućuje dodavanje elemenata u kod na područje podataka pa je na to područje ubačeno nekoliko grafičkih elemenata tematski vezanih za sadržaj koji kod predstavlja (Slika 24). Elementi su obojeni u žuto jer su ljubičasta i žuta komplementarne boje pa taj odnos lijepo izgleda.



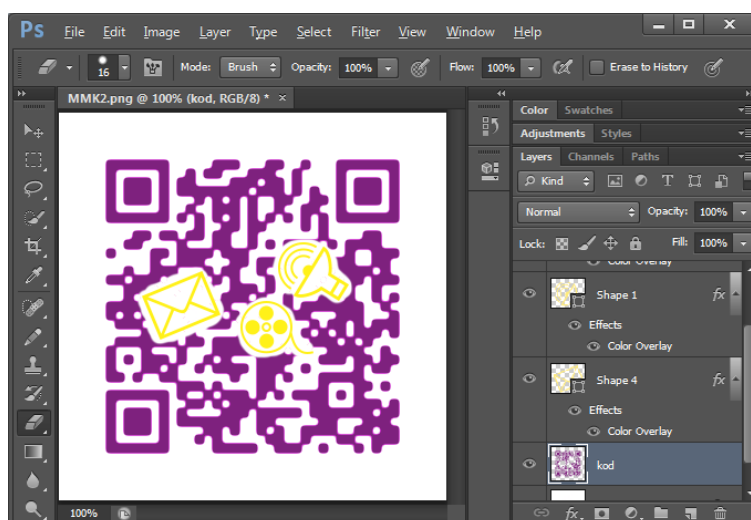
Slika 24 - QR1 - 4. faza

Testiranje nakon ove promjene koda nije prošlo. Kod se nije mogao očitati niti jednim čitačem. Uspoređeni su izvorni i modificirani kod (Slika 25). Dobivena razlika među njima iznosi 32,9%.



Slika 25 - QR1 - uspoređeni izvorni i modificirani kod

Kako QR1 u ovoj fazi obrade nije čitljiv, a količina modifikacija je prevelika, maknuti su neki od dodanih grafičkih elemenata, što se vidi na sljedećoj slici.



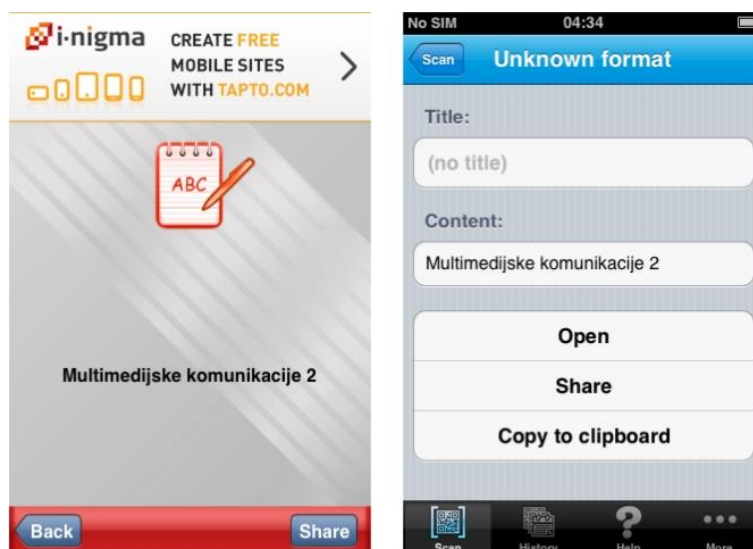
Slika 26 - QR1 - 5. faza

Slika 27 prikazuje kako je QR1 nakon malih promjena postao puno ljepši, a i dalje je funkcionalan.



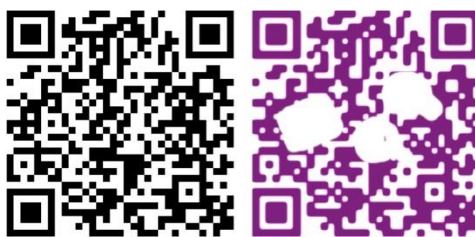
Slika 27 - QR1 izvorni i individualizirani

Ovdje je prikaz rezultata očitavanja koda QR1 na iPhone-u. Lijevo na slici je aplikacija i-nigma, a desno NeoReader. Takav je prikaz i na svim sljedećim primjerima. Sa slike je vidljivo da se očitani tekst može kopirati, otvoriti ili podijeliti SMS porukom, elektroničkom poštom ili na nekoj od društvenih mreža.



Slika 28 - Rezultat očitavanja koda QR1 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

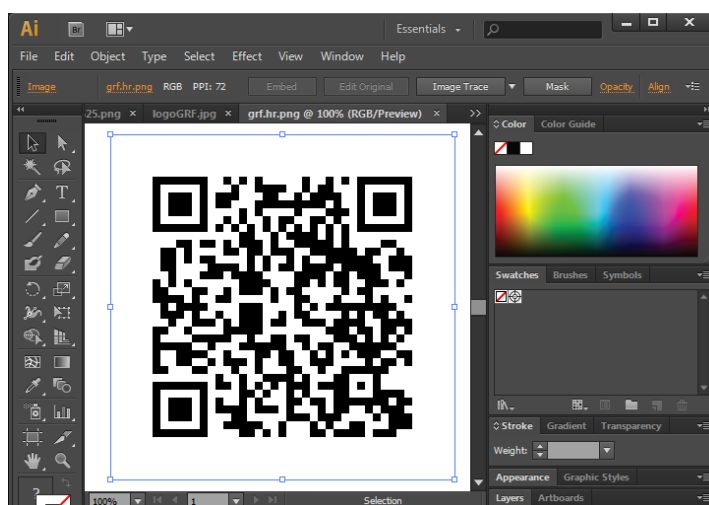
Izračunata količina modifikacija za QR1 sada iznosi 26,2%. Uspoređeni kodovi iz početne i posljednje faze su na sljedećoj slici.



Slika 29 - QR1 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

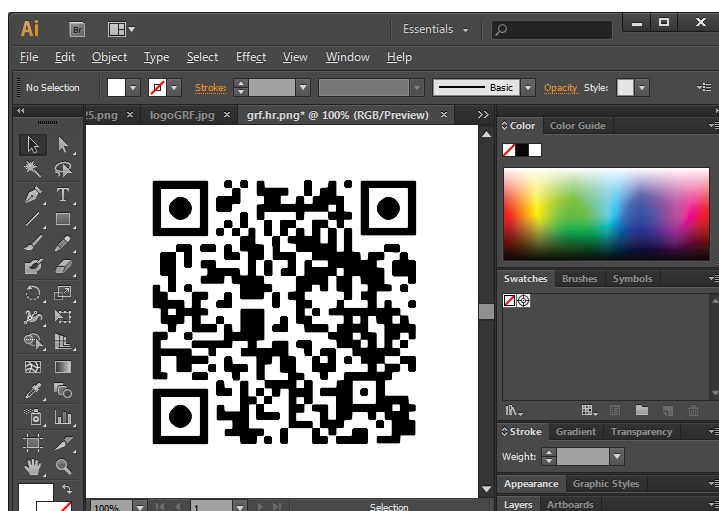
3.2.2 Individualizirani kod QR2

Odabrani sadržaj za ovaj kod (Slika 30) je URL: “<http://www.grf.unizg.hr/>”. Njegova slika otvorena je najprije u Illustrator-u.



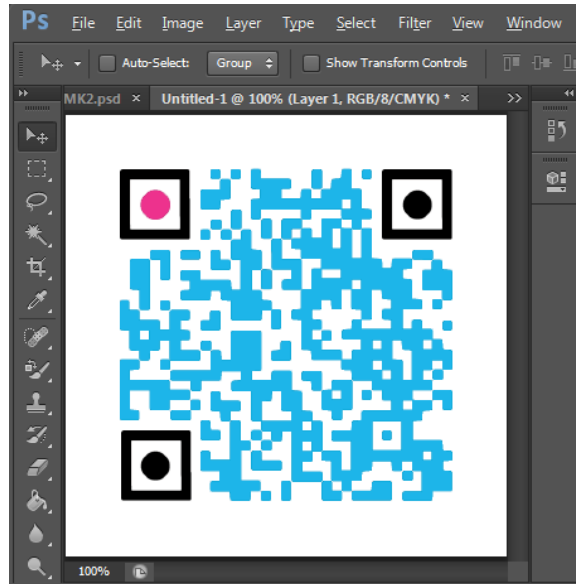
Slika 30 - QR2 - 1. faza

Pomoću filtera su omekšani rubovi koda (Slika 31). Vanjski dijelovi simbola za pozicioniranje su ostavljeni oštih kutova, a unutrašnji dijelovi su u obliku kruga.



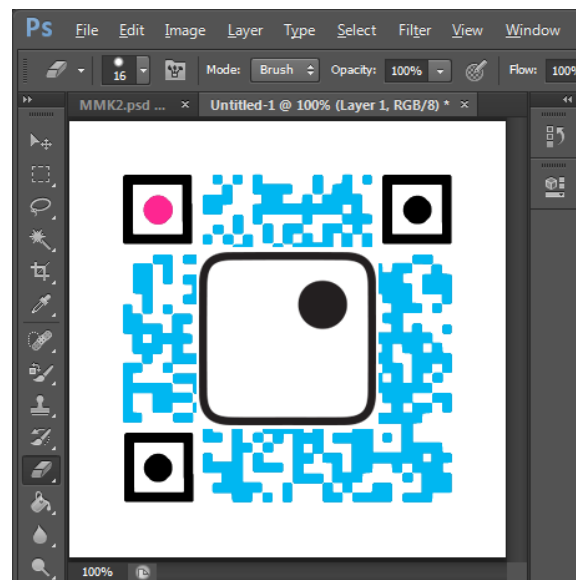
Slika 31 - QR2 - 2. faza

Zatim su u Photoshopu dodane boje (Slika 32). Tri velika kvadrata su ostala crna i oštrog rubova. Unutar njih kvadrati su pretvoreni u krugove te su dva ostala crne boje, a treći je u magenta boji. Pročelje koda je obojeno u cijan boju. Baš su te boje izabrane jer je naslovna internet stranica Grafičkog fakulteta, koja je pohranjena u ovaj kod, u tim istim bojama.



Slika 32 - QR2 - 3. faza

Nadalje je u ovaj kod ubačen logo Grafičkog fakulteta i postavljen u sredinu (Slika 33). Oblikom i bojom se slaže s velikim kvadratima QR koda.



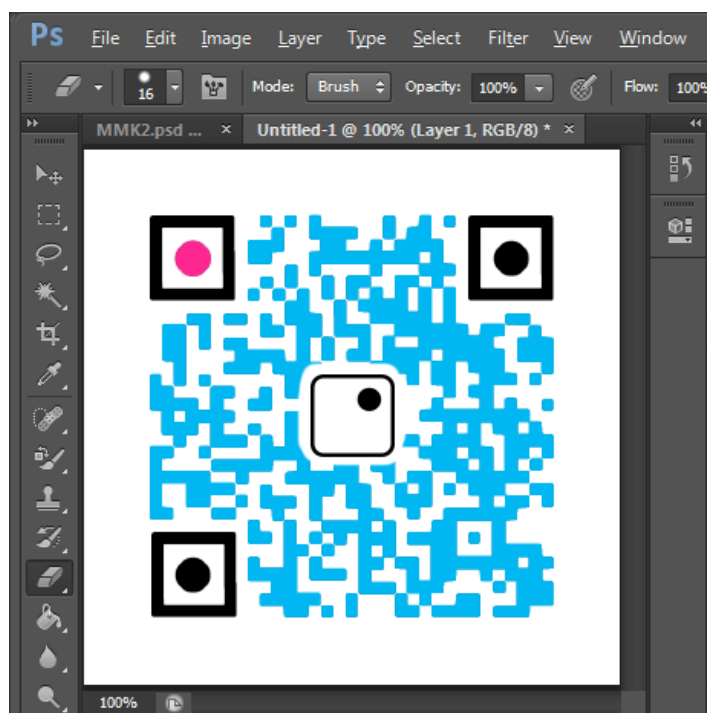
Slika 33 - QR2 - 4. faza

Nakon ovog koraka kod više nije čitljiv. Provjerena je količina modifikacija (Slika 34). Rezultat usporedbe izvornog i modificiranog koda iznosi 34,0%.



Slika 34 - QR2 - uspoređeni izvorni i modificirani kod

Zbog toga je logo smanjen (Slika 35). Sada je veličine velikih kvadrata QR koda. I dalje je pozicioniran u sredini koda.



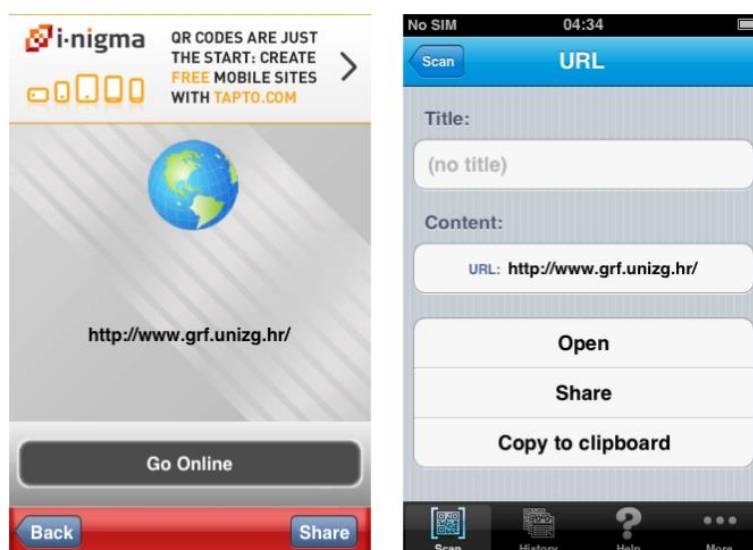
Slika 35 - QR2 - 5. faza

Velika razlika se vidi između izvornog i individualiziranog koda QR2 (Slika 36). Sada je puno zanimljiviji. Samim izgledom puno govori. Mnogi mogu odmah, prije nego ga očitaju, pretpostaviti njegov sadržaj.



Slika 36 - QR2 izvorni i individualizirani

Na sljedećoj slici se vidi da se nakon očitavanja ovog QR2 koda može odmah ići na službenu stranicu fakulteta. Uz to se može kopirati poveznica ili podijeliti nekome isto kao u prethodnom primjeru.



Slika 37 - Rezultat očitavanja koda QR2 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

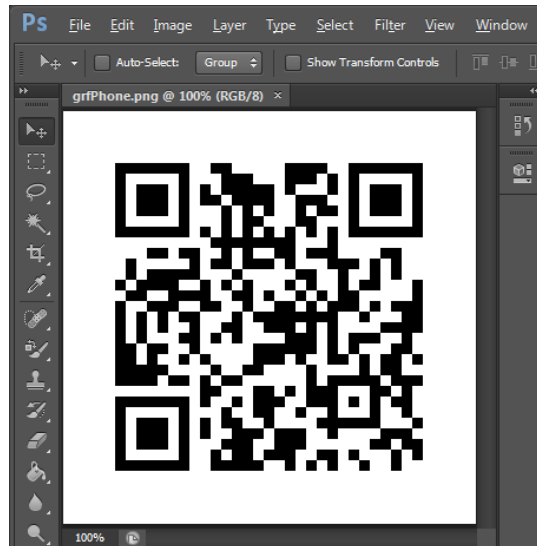
Količina modifikacija kod ovog koda nakon izračuna iznosi 28,7%. Prikaz izvornog i konačnog individualiziranog koda koji su uspoređeni je na sljedećoj slici.



Slika 38 - QR2 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

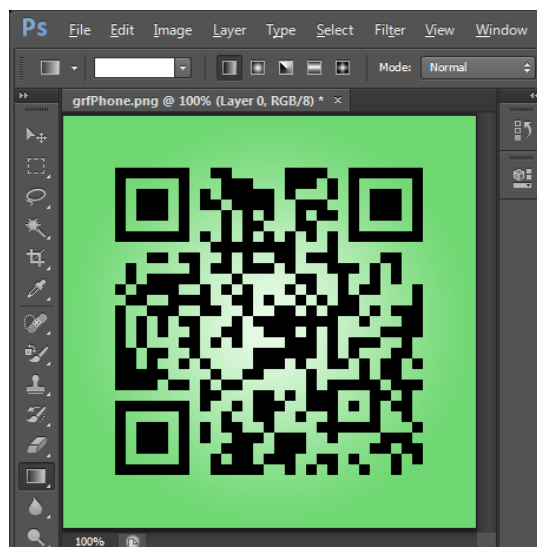
3.2.3 Individualizirani kod QR3

U QR3 je pohranjen telefonski broj: "+3851 23 71 080". To je telefonski broj fakulteta. Njegova slika je otvorena u Photoshop-u za daljnju obradu (Slika 39).



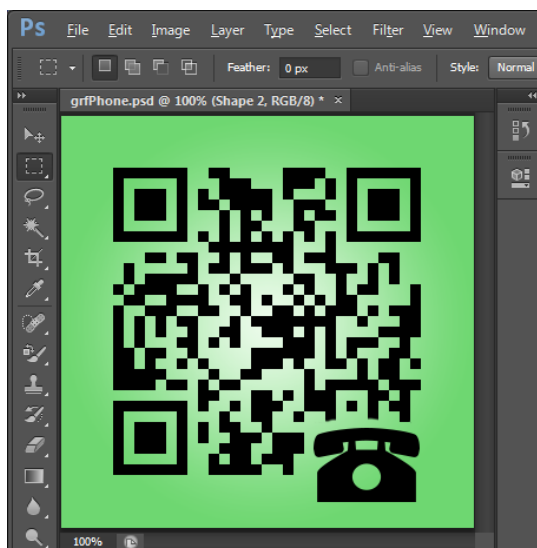
Slika 39 - QR3 - 1. faza

Na početku modificiranja QR3 koda, u pozadinu koda je dodan radijalni gradijent (Slika 40). Iz središta ide od bijele prema zelenoj boji na rubovima. Kako je pročelje koda ostalo crne boje, kontrast između njega i pozadine je dovoljno velik pa je kod i dalje čitljiv.



Slika 40 - QR3 - 2. faza

Nakon promjene pozadine, u kod je dodana grafika u obliku telefonskog aparata, iste boje kao i pročelje koda (Slika 41).



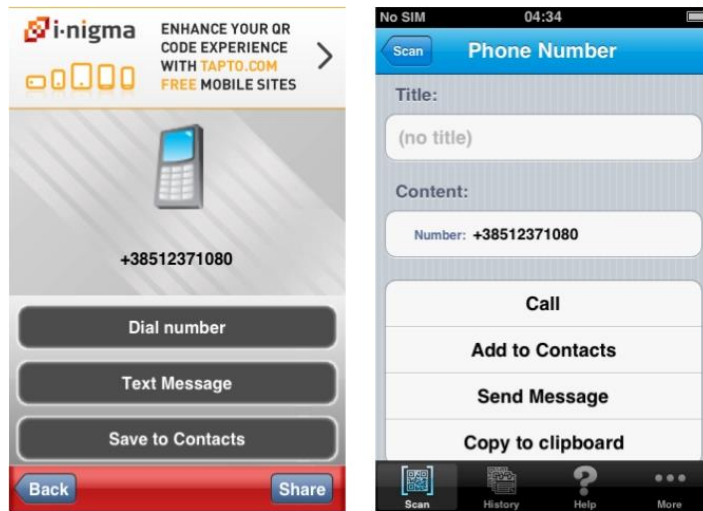
Slika 41 - QR3 - 3. faza

Kada se sada pogleda individualizirani QR3 kod, jasno je da on sadrži neki telefonski broj (Slika 42).



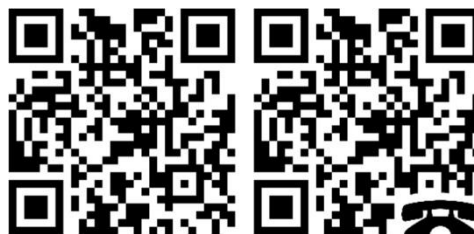
Slika 42 - QR3 izvorni i individualizirani

Rezultat očitavanja QR3 koda (Slika 43) prikazuje da se očitani telefonski broj može odmah nazvati ili se na taj broj može odmah poslati SMS poruka. Može se također automatski spremiti u kontakte, kopirati u memoriju telefona, podijeliti putem elektroničke pošte ili društvenih mreža.



Slika 43 - Rezultat očitavanja koda QR3 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

Razlika između izvornog i individualiziranog QR3 koda je 3,6%. Na sljedećoj slici su prikazani uspoređeni izvorni i konačni individualizirani QR3.



Slika 44 - QR3 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

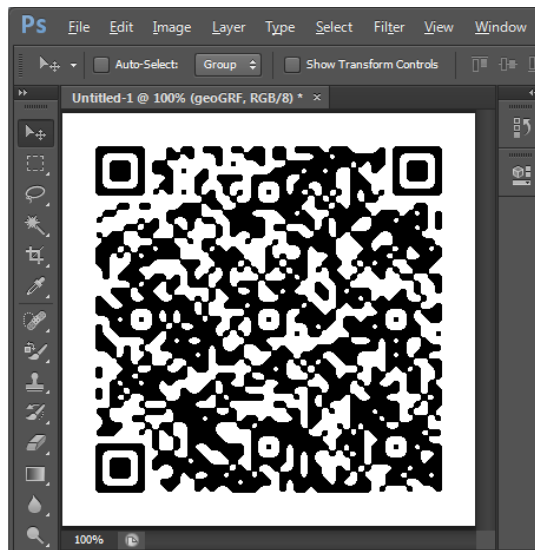
3.2.4 Individualizirani kod QR4

U ovaj kod (Slika 45) su spremljeni podaci geološke lokacije Grafičkog fakulteta. Za zemljopisnu širinu je upisano: „45.80597400602461“, za dužinu: „16.02965086698532“ te adresa: „Getaldićeva 2, 10000 Zagreb, Hrvatska“.



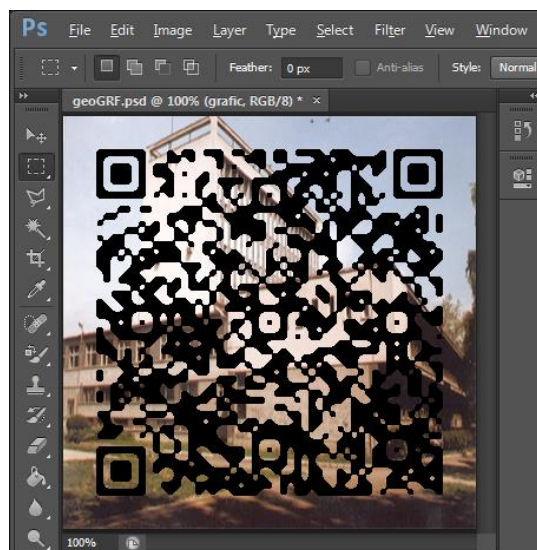
Slika 45 - QR4 - 1. faza

U Photoshop-u su pomoću filtera zaobljeni rubovi velikih kvadrata QR koda, kao i rubovi ostalog dijela koda koji predstavlja podatke (Slika 46). Struktura koda je puno gušća od dosadašnjih primjera jer sadrži veću količinu podataka.



Slika 46 - QR4 - 2. faza

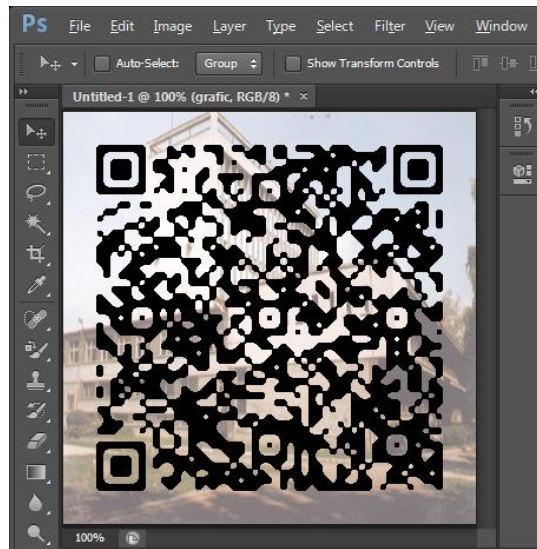
Ovo je prvi primjer u kojem se u pozadinu stavlja fotografija (Slika 47). Odabrana je fotografija zgrade Grafičkog fakulteta jer kod predstavlja njenu lokaciju.



Slika 47 - QR4 - 3. faza

Kontrast između pročelja i pozadine koda je jako mali pa se kod u ovoj fazi ne može očitati. Zbog toga se neprozirnost pozadine smanjivala sa 100% na niže. Kada je bila na 70% kod se nekim mobitelima mogao pročitati ali ne svim. Tako je na kraju

neprozirnost stavljena na 59% jer su tada svi mobiteli očitavali kod bez poteškoća (Slika 48).



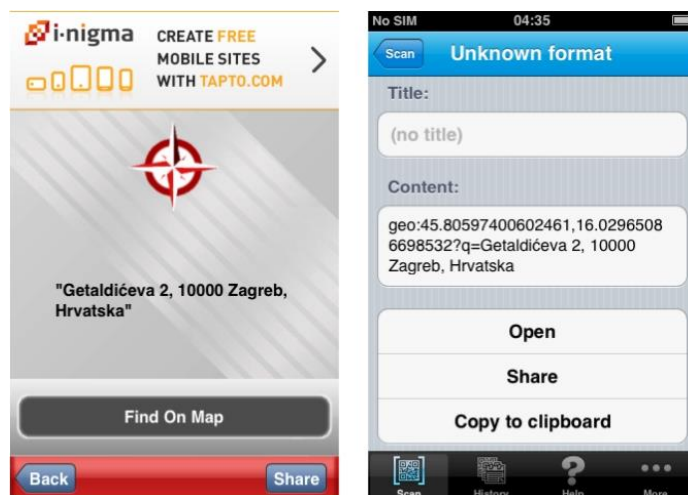
Slika 48 - QR4 - 4. faza

Ovdje se može vidjeti kako je monotoni crno-bijeli kod postao ipak zanimljiviji svojim oblikom i pozadinom (Slika 49).



Slika 49 - QR4 izvorni i individualizirani

Nakon očitavanja ovog koda, i-nigma aplikacija prikazuje adresu i nudi opcije za pronalaženje lokacije na karti te za dijeljenje lokacije kao i do sada SMS porukom, elektroničkom poštom ili preko društvenih mreža. NeoReader aplikacija osim adrese prikazuje i zemljopisnu širinu i dužinu koju kod sadrži. Također se može otvoriti na karti, podijeliti ili kopirati (Slika 50).



Slika 50 - Rezultat očitavanja koda QR4 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

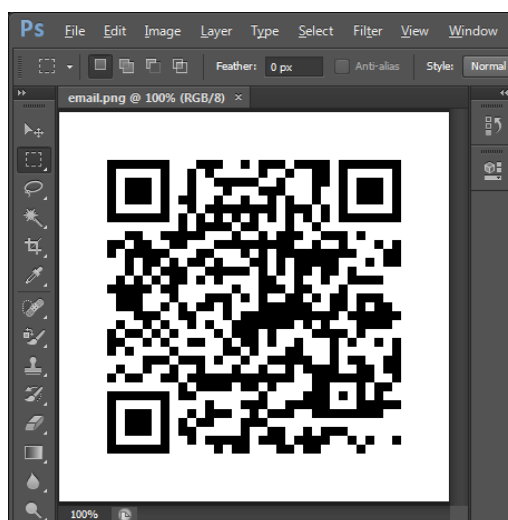
Kada su uspoređene slike izvornog i obrađenog QR4 koda (Slika 51), rezultat razlike među njima je 8,1%.



Slika 51 - QR4 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

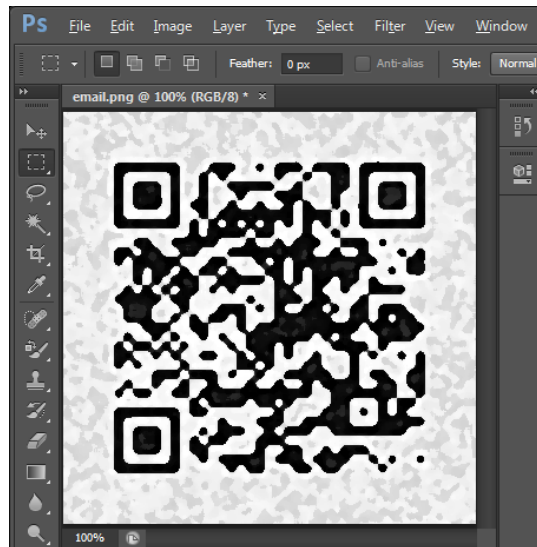
3.2.5 Individualizirani kod QR5

U ovaj kod (Slika 52) spremljena je e-mail adresa: "kristina.janko@grf.hr". Nakon generiranja, njegova je slika otvorena u Photoshop-u.



Slika 52 - QR5 - 1. faza

Nakon korištenja filtera u Photoshopu dobivena je promjena prikazana na sljedećoj slici.



Slika 53 - QR5 - 2. faza

Kako kod predstavlja adresu elektroničke pošte, ubačen je znak @. Sloj s tim znakom stavljen je u mod "Hard Light" i dobiven je sljedeći rezultat (Slika 54).



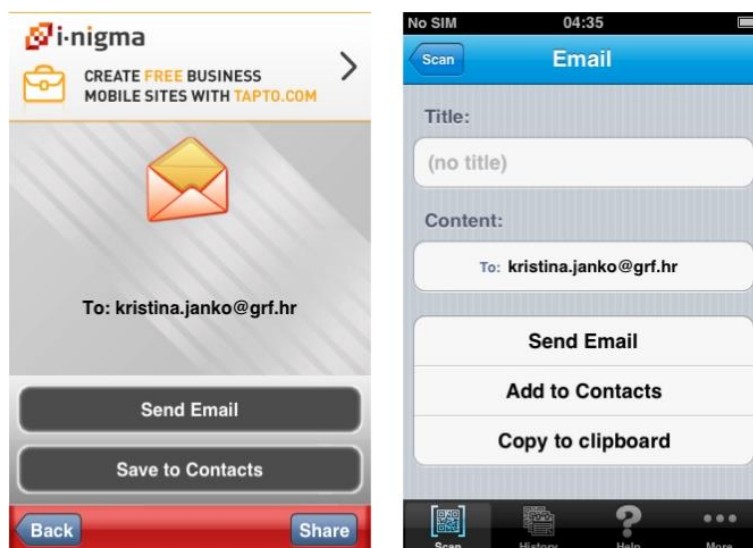
Slika 54 - QR5 - 3. faza

Kada se pogleda individualizirani kod QR5, sada je lako zaključiti da će nam on dati informaciju o nekoj e-mail adresi ako ga skeniramo (Slika 55).



Slika 55 - QR5 izvorni i individualizirani

Prilikom testiranja koda nije bilo nikakvih problema. Nakon očitavanja ponuđeno je odmah slanje elektroničke pošte na tu adresu, spremanje iste u kontakte, kopiranje i dijeljenje s drugima (Slika 56).



Slika 56 - Rezultat očitavanja koda QR5 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

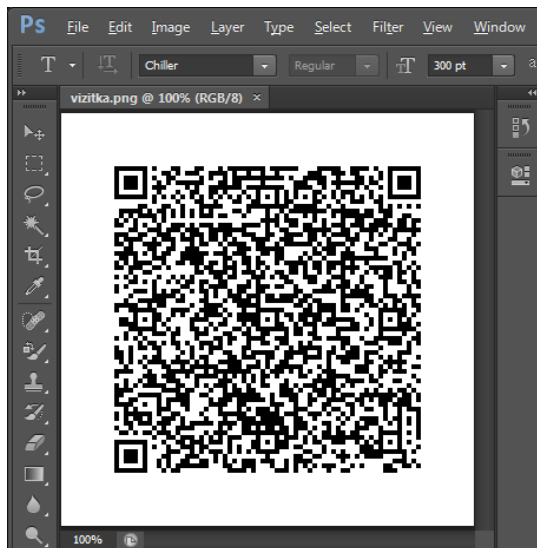
Količina modifikacija QR5 koda iznosi 9,4%. Na sljedećoj slici su prikazani uspoređeni izvorni i konačni individualizirani QR5.



Slika 57 - QR5 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

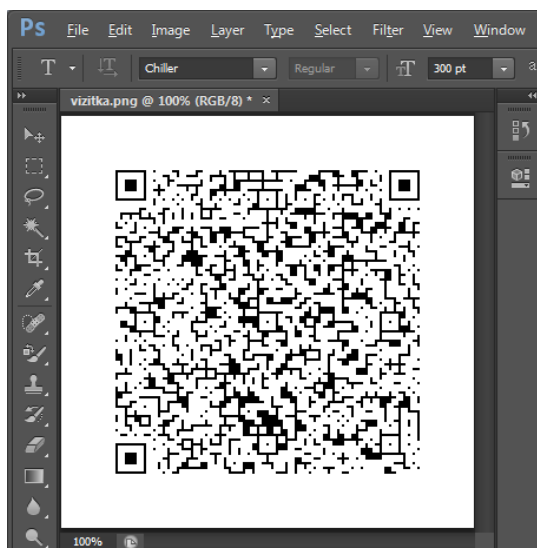
3.2.6 Individualizirani kod QR6

Kod QR6 (Slika 58) predstavlja vCard, odnosno posjetnicu. Među kodiranim znakovima su slova, brojevi te znakovi č i ć, a i sadrži najviše podataka u dosada prikazanim primjerima pa mu je struktura najgušća. Od podataka je spremljeno za ime: "Kristina Janko", tvrtka: "Grafički fakultet", telefonski broj: "+38512371080", e-mail: "kristina.janko@grf.hr", adresa: "Getaldićeva 2, 10000 Zagreb, Hrvatska".



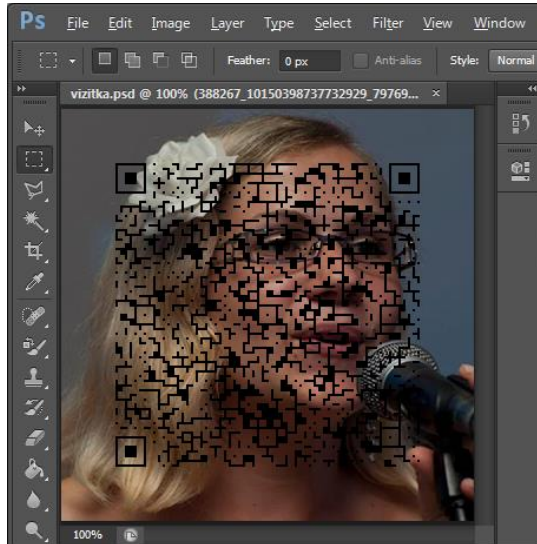
Slika 58 - QR6 - 1. faza

Nakon otvaranja slike koda u Photoshop-u, ponovno je primjenom filtera promijenjen oblik samog koda. Izgleda kao da je istanjen, što je prikazano na sljedećoj slici.



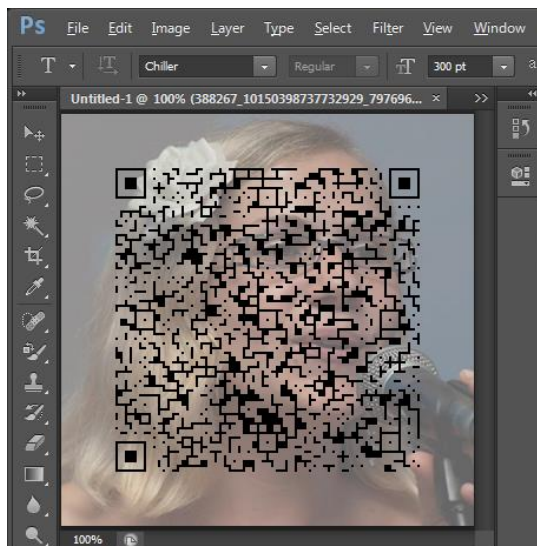
Slika 59 - QR6 - 2. faza

Kako QR6 predstavlja posjetnicu, u njegovu pozadinu je stavljena osobna fotografija (Slika 60). Naravno, kod nije bio odmah čitljiv jer kontrast između pročelja i pozadine koda nije dovoljno velik da bi optički čitač mogao prepoznati podatke koje predstavlja.



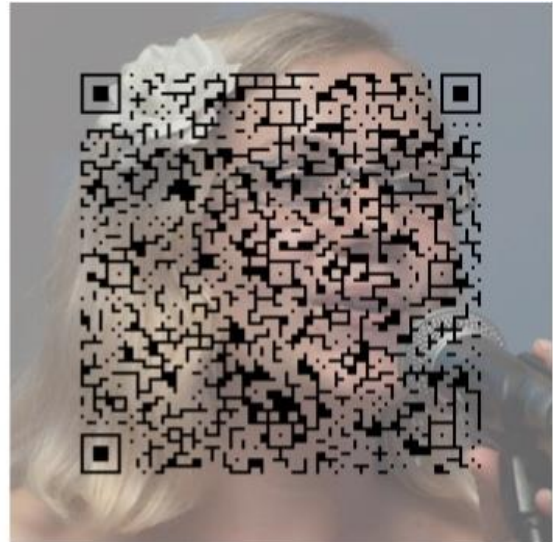
Slika 60 - QR6 - 3. faza

Kao i u primjeru koda QR4, kod QR6 se mogao očitati kada je neprozirnost pozadine spuštana ispod 70%. Na kraju je postavljena na 60% (Slika 61).



Slika 61 - QR6 - 4. faza

Razlika u vizualnom dojmu prilagođenog QR6 koda i njegovog izvornog koda je neuporediva. Ovako modificiran kod puno više privlači pažnju promatrača (Slika 62).



Slika 62 - QR6 izvorni i individualizirani

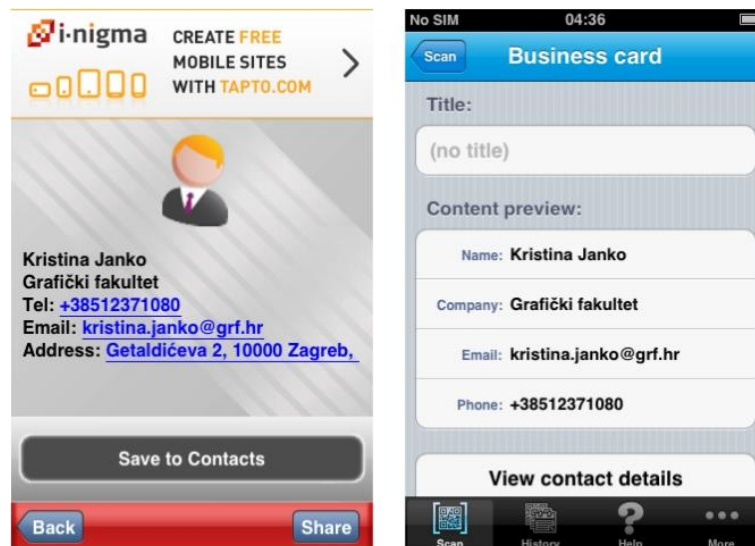
QR6 je testiran i u dimenzijama 150x150 px radi provjere mogućnosti postavljanja toga koda na posjetnicu (Slika 63).



Slika 63 - QR6 150x150 px

Ovo je dosada prvi kod s kojim je povremeno bilo poteškoća prilikom testiranja. To se najčešće događalo s NeoReader aplikacijom na iPhone-u. Kod je očitao jedino pod dobrim osvjetljenjem. Skeniranje je trajalo duži vremenski period nego obično. iPhone inače ima najslabiju kameru od korištena tri mobitela za testiranje, a i struktura ovog koda je dosada najzahtjevnija, u pozadini je k tome fotografija te su i dimenzije koda smanjene. Osim toga ulogu u čitljivosti koda igra i kvaliteta ispisanog koda. Sve to zajedno je uzrok nastalim poteškoćama.

Nakon očitavanja ovog koda, vidljive su kontakt informacije koje je moguće spremirati u kontakte ili podijeliti s drugima na uobičajene načine (Slika 64).



Slika 64 - Rezultat očitavanja koda QR6 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

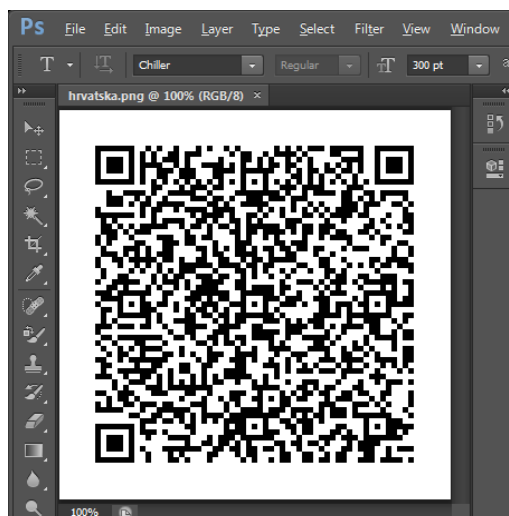
Izračunata količina modifikacija za ovaj kod je 24,1%. Na sljedećoj slici su prikazani uspoređeni izvorni i konačni individualizirani QR6.



Slika 65 - QR6 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

3.2.7 Individualizirani kod QR7

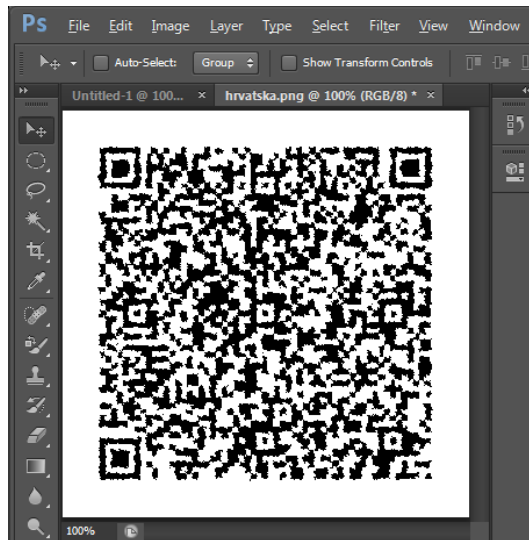
QR7 je kod sa sadržajem događaja u kalendaru (Slika 66).



Slika 66 - QR7 - 1. faza

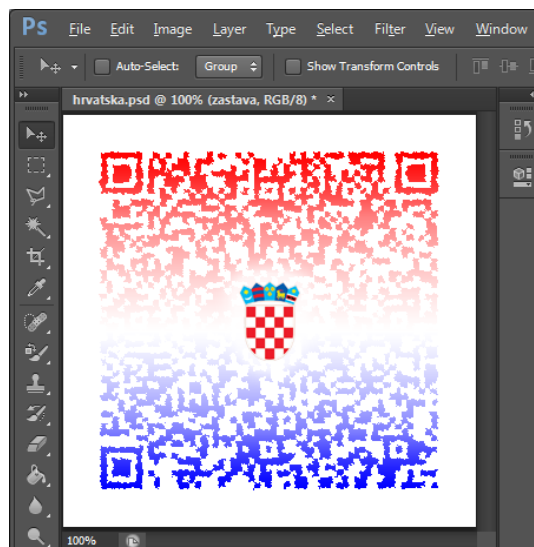
Za naslov događaja je upisano: "Dan neovisnosti". Kako nije stavljena kvačica za cjelodnevni događaj, u kalendaru su označeni startni "8.10.2013." i krajnji datum "9.10.2013.", odabrano je vrijeme kada događaj počinje "12:00 AM" i kada završava "11:59PM". Vremenska zona nije mijenjana pa je ostalo na "GMT -5:00 IET", a niti ljetno računanje vremena nije označeno. Za lokaciju je upisano "Hrvatska", dok je za opis ostavljeno prazno polje. Nakon tako upisanih podataka izgeneriran je ovaj kod.

Njegova slika je otvorena u Photoshop-u i izmijenjena pomoću filtera (Slika 67).



Slika 67 - QR7 - 2. faza

U pročelje koda je stavljen linearni gradijent koji ide odozdo prema gore iz plave u bijelu i konačno iz bijele u crvenu boju, kako bi kod izgledao kao zastava (Slika 68).



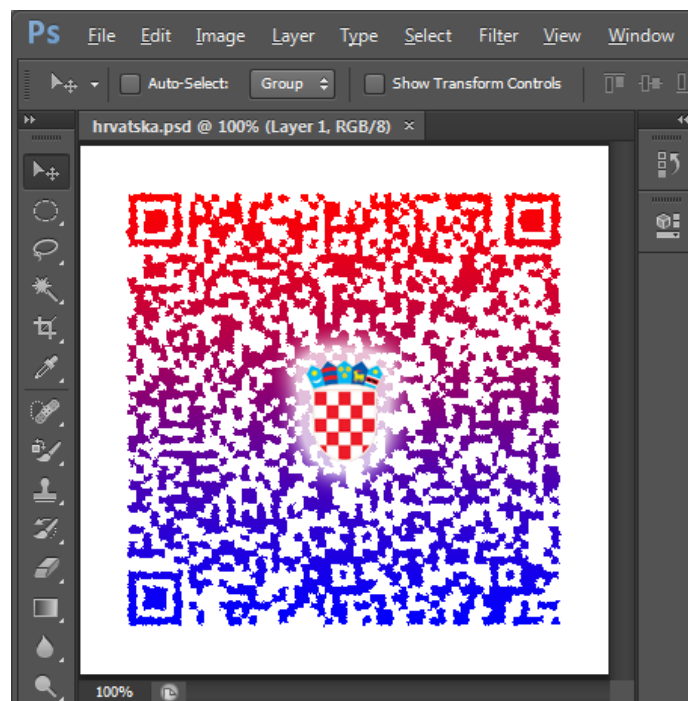
Slika 68 - QR7 - 3. faza

Nakon dodavanja boja hrvatske zastave u kod, u sredinu je stavljen i grb Republike Hrvatske (Slika 69). Potom je QR7 testiran. Nije se mogao očitati. Zatim je izračunata količina modifikacija od 38,2% (Slika 69).



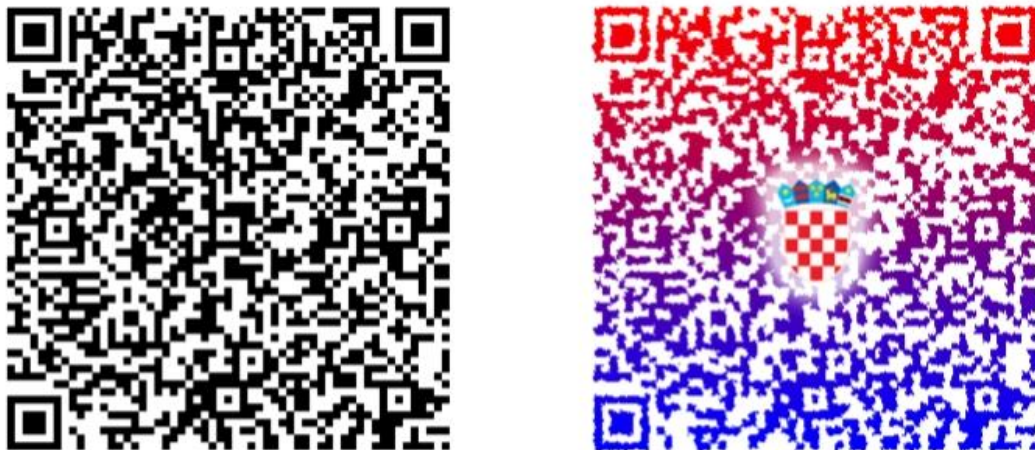
Slika 69 - QR7 - uspoređeni izvorni i modificirani kod

Iz gradijenta je izbačena bijela boja tako da plava prelazi u crvenu i očitavanje koda prolazi (Slika 70).



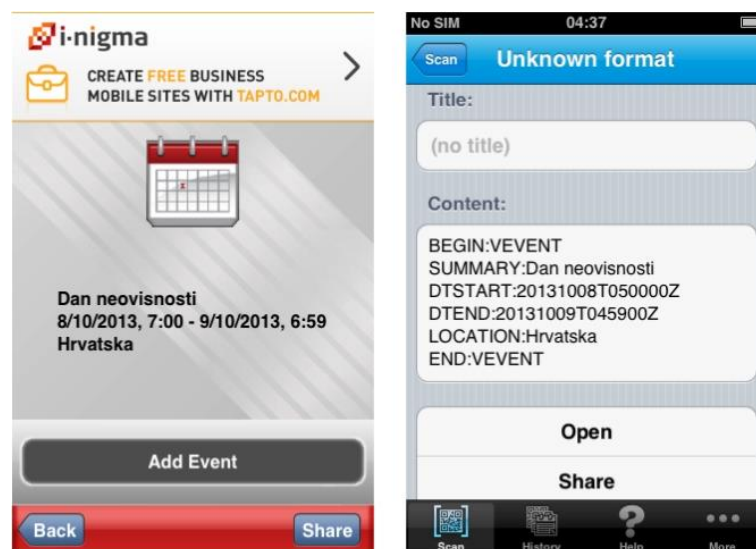
Slika 70 - QR7 - 4. faza

Neuporediva je razlika kada se pogleda izvorni crno bijeli kod, koji svojim izgledom ništa ne govori, osim što njegova struktura pokazuje da sadrži veću količinu podataka, i kada se pogleda individualizirani QR7 koji jasno pokazuje da sam kod sadrži podatke vezane za Hrvatsku (Slika 71).



Slika 71 - QR7 izvorni i individualizirani

U prikazu rezultata vidljivo je da se očitani događaj automatski može dodati u kalendar mobitela ili se može podijeliti s drugima (Slika 72).



Slika 72 - Rezultat očitavanja koda QR7 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

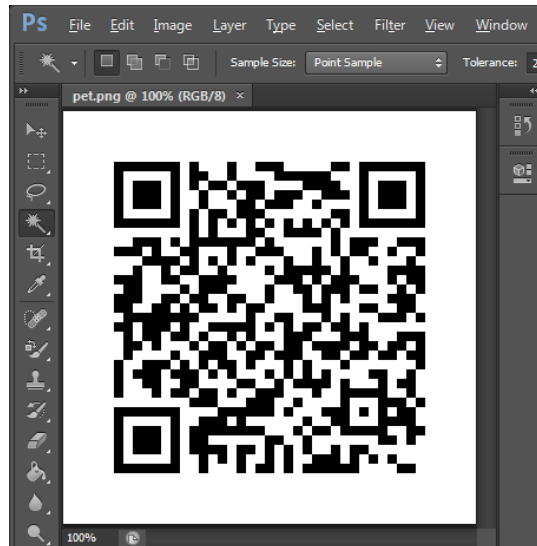
Količina modifikacija nakon promjene gradijenta iznosi 24,2%. Na sljedećoj slici su prikazani uspoređeni izvorni i konačni individualizirani QR7.



Slika 73 - QR7 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

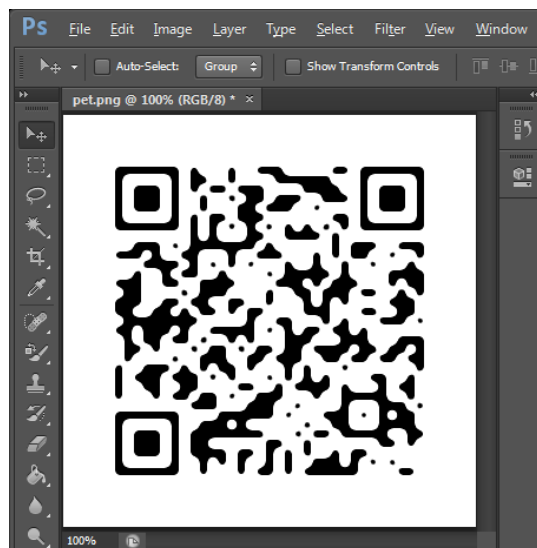
3.2.8 Individualizirani kod QR8

Ovaj kod vodi na naslovnu internet stranicu centra za kućne ljubimce (Slika 74). Njegov sadržaj je URL: “<http://moj.pet-centar.hr/>”.



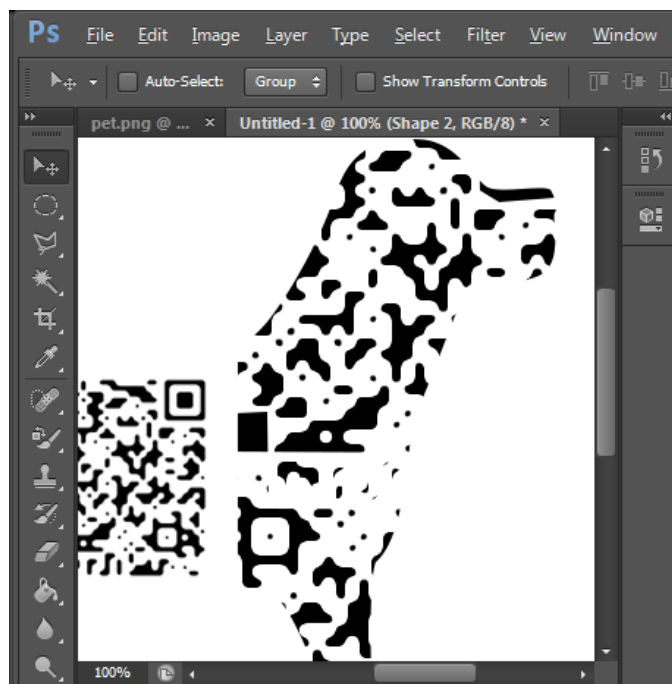
Slika 74 - QR8 - 1. faza

Nakon otvaranja slike koda u Photoshop-u, izobličeni su rubovi koda kako bi što više sličili na mrlje kao na psu dalmatineru (Slika 75).



Slika 75 - QR8 - 2. faza

Zatim je kod ubačen u siluetu psa crne boje. Kombiniranjem dijelova koda i siluete psa dobiven je rezultat prikazan na sljedećoj slici.



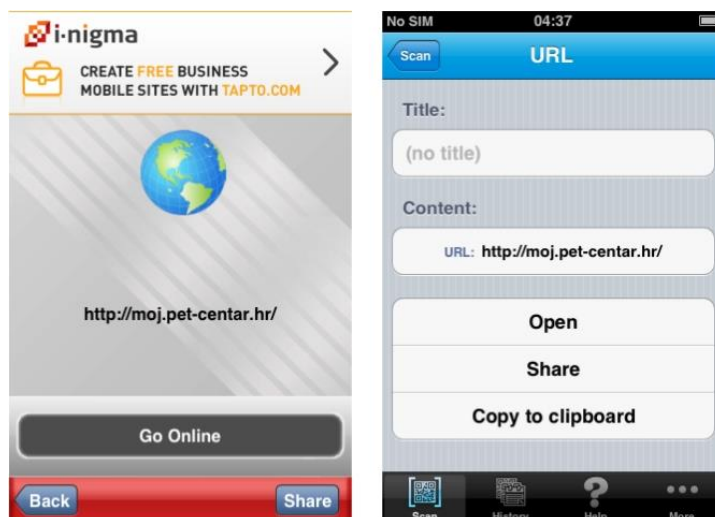
Slika 76 - QR8 - 3. faza

Ovako dizajniran kod puno više pobuđuje zanimanje da ga se očita, što se u konačnici i želi postići (Slika 77).



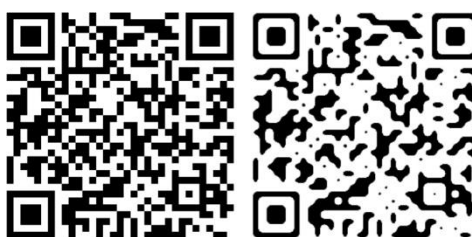
Slika 77 - QR8 izvorni i individualizirani

Nakon očitavanja koda QR8 ponuđene su iste opcije kao i kod koda QR2 koji sadrži URL (Slika 78).



Slika 78 - Rezultat očitavanja koda QR8 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

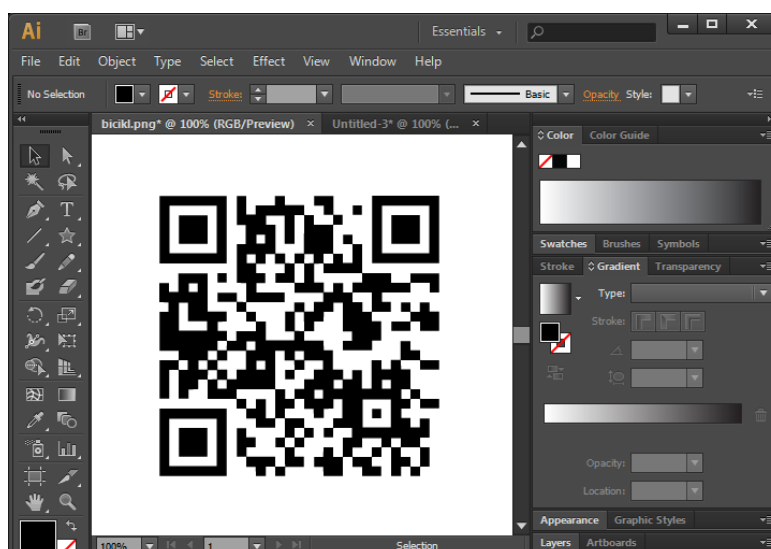
Uspoređeni izvorni i modificirani QR8 kodovi imaju razliku od 15,4%. Prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 79 - QR8 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

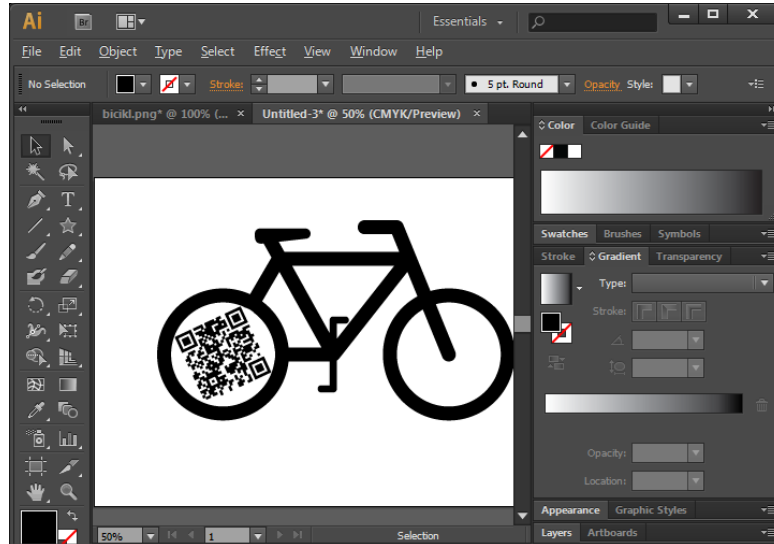
3.2.9 Individualizirani kod QR9

QR9 (Slika 80) također kodira URL ali sa sadržajem "http://www.pedala.hr".



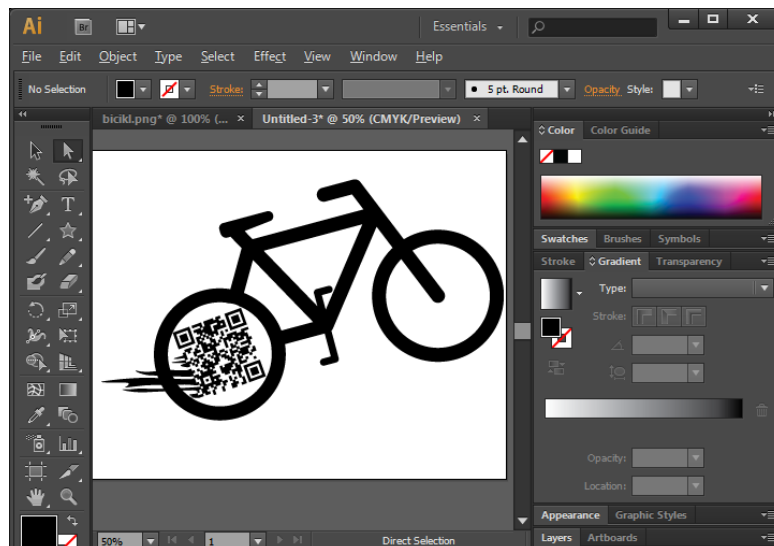
Slika 80 - QR9 - 1. faza

Ovaj kod je obrađen u Illustrator-u. Kako je njegov sadržaj internet stranica s biciklističkim rutama u Hrvatskoj, za dizajn je korištena silueta bicikla. Kod je postavljen u zadnji kotač bicikla i rotiran (Slika 81). Tu je iskorištena mogućnost QR tehnologije da je kod čitljiv i ako je rotiran.



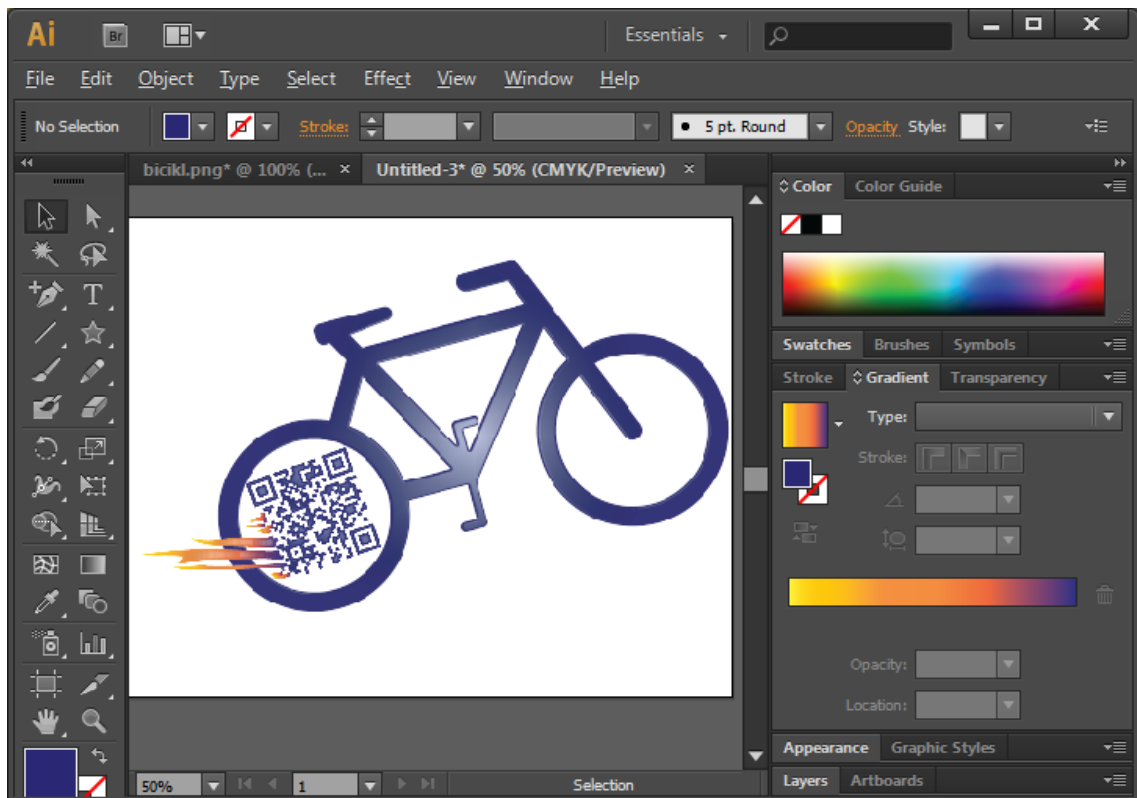
Slika 81 - QR9 - 2. faza

U ovom koraku je rotiran i bicikl te je kod izmijenjen tako da izgleda kao da je u brzini pa ostavlja tragove (Slika 82).



Slika 82 - QR9 - 3. faza

U posljednjem koraku obrade su korišteni filter i boje te je tako dobiven konačni izgled prikazan na sljedećoj slici.



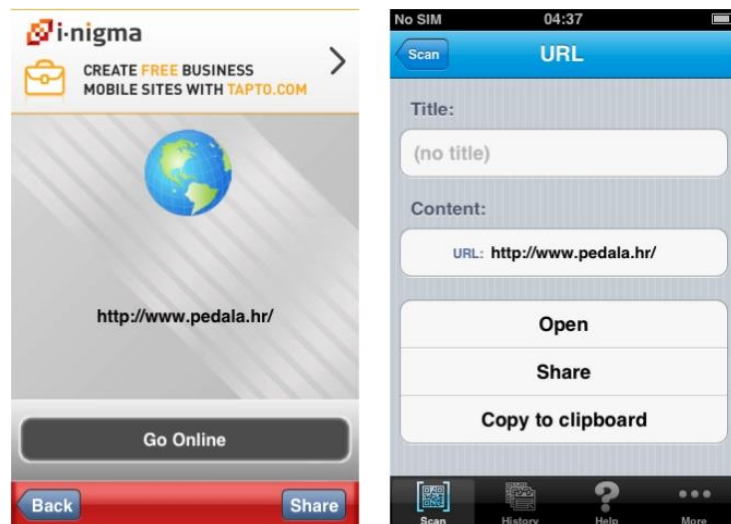
Slika 83 - QR9 - 4. faza

Na ovom se primjeru pogotovo vidi prednost dizajniranog koda u odnosu na samo izgenerirani (Slika 84).



Slika 84 - QR9 izvorni i individualizirani

Kao i na primjerima QR2 i QR8, nakon očitavanja koda ponuđene su opcije manipuliranja web adresom (Slika 85).



Slika 85 - Rezultat očitavanja koda QR9 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

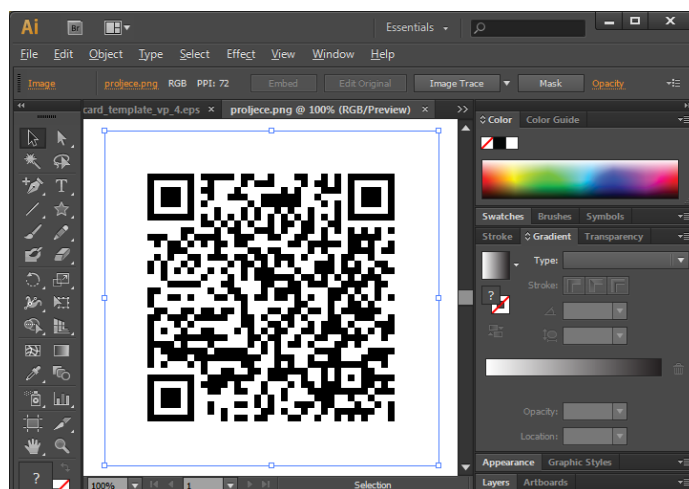
Razlika ovog individualiziranog koda i njegovog izvornog iznosi 21,7%. Na sljedećoj slici su prikazani uspoređeni izvorni i konačni individualizirani QR9.



Slika 86 - QR9 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

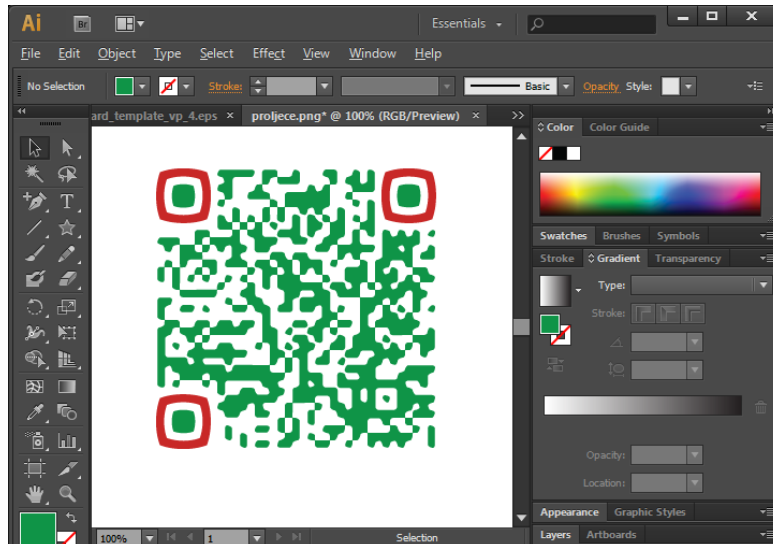
3.2.10 Individualizirani kod QR10

URL "http://www.youtube.com/watch?v=SiDbPMC3QPE" je pohranjen u kodu QR10 i vodi na pjesmu "Proljeće" od Luke Nižetića na Youtube-u (Slika 87).



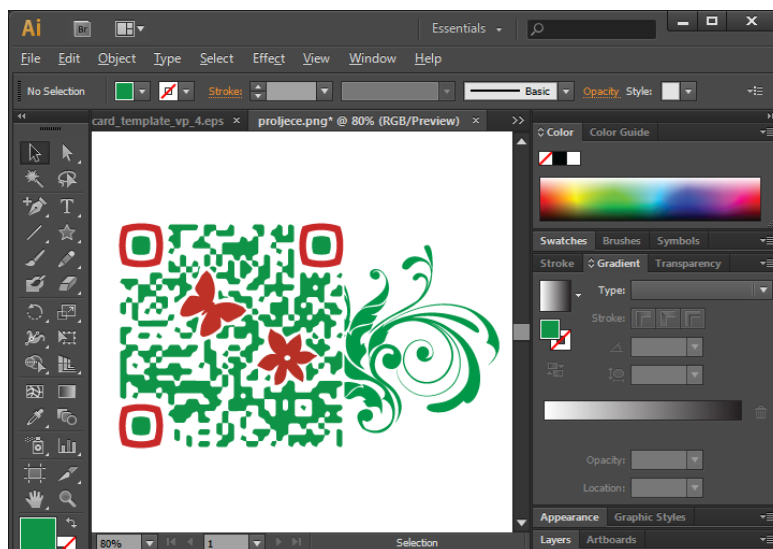
Slika 87 - QR10 - 1. faza

Kod je obrađen u Illustrator-u (Slika 88). Izmijenjen je oblik područja koda koji predstavlja podatke kao i oblik tri velika kvadrata QR koda. Područje podataka i unutrašnji elementi velikih kvadrata su obojeni u zelenu, dok su vanjski elementi velikih kvadrata obojeni u crvenu boju.



Slika 88 - QR10 - 2. faza

U sljedećem koraku su dodani leptir i cvijet u boji vanjskog dijela velikih kvadrata, te je s desne strane dodan dizajn stabljika i lišća u boji ostatka koda (Slika 89).



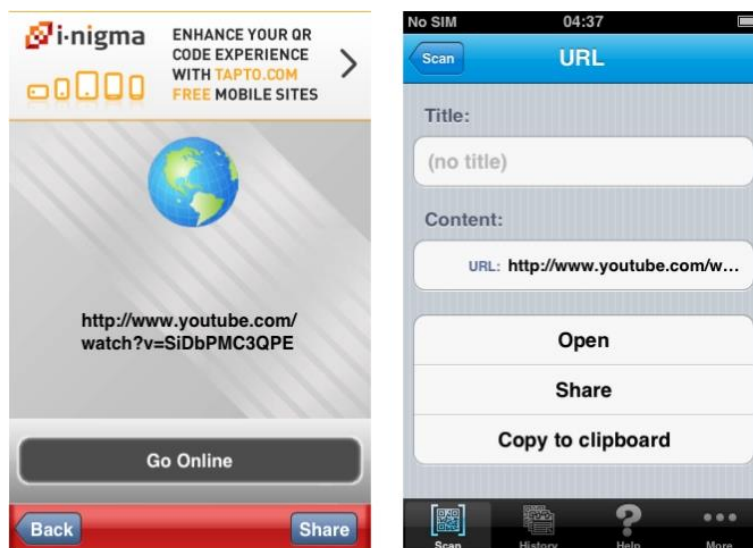
Slika 89 - QR10 - 3. faza

Ovo je još jedan primjer dobro iskorištenih mogućnosti QR tehnologije u svrhu lijepog dizajna (Slika 90).



Slika 90 - QR10 izvorni i individualizirani

Kada se kod QR10 očita, ako je mobilni telefon spojen na internet, može se direktno ići poslušati pjesmu (Slika 91).



Slika 91 - Rezultat očitavanja koda QR10 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama

Količina modifikacije unutar koda u ovom posljednjem primjeru koda QR10 iznosi 23,4 %. Na sljedećoj slici su prikazani uspoređeni izvorni i konačni individualizirani QR10.



Slika 92 - QR10 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod

4. REZULTATI I RASPRAVA

Projektirani individualizirani QR kodovi su nakon ispisa na papir testirani s tri navedena mobilna telefona, odnosno s tri optička čitača te s barkod čitačem. Za izračun količine modifikacija individualiziranih QR kodova korišten je odgovarajući program. Tako je provedeno potrebno istraživanje i na temelju njega se došlo do traženih rezultata.

Nakon skeniranja projektiranih individualiziranih QR kodova optičkim čitačima dobiveni su sljedeći rezultati prikazani u tablici.

Tablica 4 - Rezultati provjere čitljivosti individualiziranih kodova optičkim čitačima

QR	iPhone 3GS		Lumia 710		Galaxy S III mini	
	i-nigma	NeoReader	i-nigma	NeoReader	i-nigma	NeoReader
1	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+
7	+	+	+	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+
9	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+

Iz tablice je vidljivo da su svi projektirani individualizirani QR kodovi uspješno očitani s obje aplikacije na sva tri mobitela. Time je dokazana prva hipoteza, odnosno, moguće je projektirati modifikacije unutar samog QR koda i ugrađivati individualizirana grafička rješenja s obzirom na boju i oblik.

Prilikom kreiranja deset vlastitih dizajnerskih QR kodova kombinirane su značajke koda i mogućnosti koje pružaju programi Photoshop i Illustrator.

Simbol QR koda ne mora biti u crno-bijeloj formi, niti jednobojan. Tako je pročelje QR1 koda u jednoj ljubičastoj boji, dok su pročelja QR2 i QR10 šarena. U pročelje QR7 je stavljen linearni gradijent iz plave boje u crvenu. U pozadine kodova su također dodavane boje. QR3 u pozadini ima radijalni gradijent koji ide iz središta u bijeloj boji prema rubovima u zelenu boju. Kontrast između boje pročelja i boje pozadine koda mora biti dovoljno velik kako bi kod ostao čitljiv. Uglavnom se izrađuju kodovi sa tamnijim pročeljem i svjetlijom pozadinom. Neke aplikacije podržavaju i obrnutu situaciju, kada je pročelje svijetlo, a pozadina tamna. Kodovi QR4 i QR6 u pozadini imaju fotografiju kojoj neprozirnost mora biti postavljena barem na 70% kako bi se osiguralo pouzdano skeniranje. Kombinacija boja QR5 koda postigla se slaganjem slojeva.

U područje podataka QR koda moguće je umetanje dodatnih grafičkih elemenata. Tako QR2 u sredini ima logo, a QR1, QR3, QR7 i QR10 imaju druge oblike. Dodani elementi ne smiju biti preveliki kako količina modifikacija ne bi bila veća od korekcije grešaka, što se dogodilo sa QR1 i QR2. Simboli za pozicioniranje, koji se nalaze u tri kuta, ne moraju imati kvadratni oblik. Tako naprimjer QR2 ima unutarnji dio simbola za pozicioniranje u obliku kruga. Photoshop i Illustrator sadrže razne filtere pomoću kojih su promijenjeni oblici kreiranih kodova. QR kod se može okretati u svim smjerovima, a da pritom i dalje ostaje čitljiv. Ta je značajka iskorištena kod dizajniranja koda QR9 gdje je kod okrenut unutar kotača bicikla.

Nakon svake modifikacije koda, potrebno je provjeriti njegovu čitljivost. Kombiniranjem strukture koda s mogućnostima koje daju Photoshop i Illustrator moguće je ostvariti beskonačno mnogo rješenja dizajna. Projektirani individualizirani QR kodovi pobuđuju veći interes, a nisu izgubili svoju funkcionalnost.

Izračun količine modifikacija projektiranih individualiziranih QR kodova dao je sljedeće rezultate.

Tablica 5 - Rezultati izračuna količine modifikacija projektiranih kodova u postotcima

QR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
%	26,2	28,7	3,6	8,1	9,4	24,1	24,2	15,4	21,7	23,4

Ovdje su prikazane konačne količine modifikacija individualiziranih QR kodova nakon što je njihova obrada u potpunosti dovršena. Iz rezultata se vidi da su u završnoj fazi svi kodovi projektirani s promjenama manjim od 30%. Izgenerirani su s razinom korekcije grešaka H, što znači da 30% kodnih znakova može biti obnovljeno. Prema tome načinjene modifikacije ne utječu na čitljivost individualiziranih QR kodova što je potvrđeno i rezultatima iz prethodne tablice gdje se vidi da su svi kodovi očitani.

Tijekom izrade, neki kodovi nisu bili čitljivi. U tim fazama obrade, kod QR1 je izmijenjen 32,9%, kod QR2 34,0% i kod QR7 38,7%. U tim primjerima s promjenama većim od 30%, oštećeno je više podataka nego što se može regenerirati pa se kodovi nisu mogli očitati. Iz toga vidimo da je i druga hipoteza točna te da količina modifikacija s obzirom na strukturu koda ne smije biti veća od 30%.

Skeniranjem projektiranih individualiziranih QR kodova barkod čitačem došlo se do rezultata prikazanih u sljedećoj tablici.

Tablica 6 - Rezultati provjere čitljivosti individualiziranih kodova barkod čitačem

QR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
barkod čitač	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+

Ova tablica prikazuje da skeniranje kodova QR5 i QR6 nije prošlo uspješno barkod čitačem, dok su ostali projektirani individualizirani kodovi čitljivi i barkod čitaču. To potvrđuje treću hipotezu što znači da se za svaki projekt mora provesti testiranje za barkod čitače i optičke čitače s obzirom na valnu duljinu bojila.

Optički i barkod čitači funkcioniraju na drugačiji način pa stoga kodovi čitljivi optičkim čitačima ne moraju nužno biti čitljivi i barkod čitačima. Optički čitači, odnosno mobilni telefoni, barkod čitaju tako što najprije pomoću kamere na mobitelu snime sliku barkoda u memoriju. Zatim tu sliku obradi aplikacija za čitanje kodova. Odnosno dekodira se barkod i dobije se sadržaj koji je pohranjen u njemu.

Barkod čitači rade na drugom principu. Oni određenom metodom osvjetljavaju barkod simbol i mjere reflektirano svjetlo, što se zatim konvertira u digitalni podatak i dekodira. Svjetlo kojim osvjetljavaju barkod simbol reflektira se samo od onih površina

koje emitiraju valove u infracrvenom području. Crna boja se nalazi u tom području pa zbog toga barkod čitači registriraju crno-bijele barkodove.

Ako se projektira barkod u boji za proizvode koji će prolaziti kroz blagajne, tada treba posebno obratiti pažnju na valnu duljinu bojila kojim će kodovi biti ispisani. Potrebno je prije ispisa ispitati sastav bojila i provjeriti nalazi li se u infracrvenom području kako se ne bi dogodilo da cijeli projekt propadne jer barkod čitati ne mogu očitati taj barkod.

Projektirani individualizirani QR kodovi u ovom radu su ispisani običnim printerom u kojem su boje već izmiješane tako da se nije moglo prije ispisa provjeriti hoće li kodovi biti čitljivi barkod čitačima.

5. ZAKLJUČAK

U radu je projektirano deset individualiziranih QR kodova i provedeno odgovarajuće istraživanje čitljivosti s obzirom na dizajn. Svi projektirani individualizirani QR kodovi uspješno su očitani s aplikacijama i-nigma i NeoReader na sva tri mobitela: iPhone 3GS, Lumia 710 i Galaxy S III mini. Dokazano je da je moguće projektirati modifikacije unutar samog QR koda i ugrađivati individualizirana grafička rješenja s obzirom na boju i oblik.

Simbol QR koda ne mora biti u crno-bijeloj formi, niti jednobojan. Boje i gradijenti se mogu dodavati u pročelje i pozadinu koda. Kontrast između boje pročelja i boje pozadine koda mora biti dovoljno velik kako bi kod ostao čitljiv. Uglavnom se izrađuju kodovi sa tamnijim pročeljem i svjetlijom pozadinom. Neke aplikacije podržavaju i obrnutu situaciju, kada je pročelje svijetlo, a pozadina tamna. Kada se u pozadinu stavlja fotografija, njena neprozirnost mora biti postavljena barem na 70% kako bi se osiguralo pouzdano skeniranje. U područje podataka QR koda je moguće umetanje dodatnih grafičkih elemenata. Dodani elementi ne smiju biti preveliki kako količina modifikacija ne bi bila veća od korekcije grešaka. Simboli za pozicioniranje, koji se nalaze u tri kuta, ne moraju imati kvadratni oblik. Photoshop i Illustrator sadrže razne filtere pomoću kojih su promijenjeni oblici kreiranih kodova. QR kod se može okretati u svim smjerovima, a da pritom i dalje ostaje čitljiv. Nakon svake modifikacije koda, potrebno je provjeriti njegovu čitljivost.

Tijekom izrade, neki kodovi nisu bili čitljivi. U tim fazama obrade, kod QR1 je izmijenjen 32,9%, kod QR2 34,0% i kod QR7 38,7%. U tim primjerima s promjenama većim od 30%, oštećeno je više podataka nego što se može regenerirati pa se kodovi nisu mogli očitati. Iz toga vidimo da je i druga hipoteza točna te da količina modifikacija s obzirom na strukturu koda ne smije biti veća od 30%.

Projektirani QR kodovi QR1, QR2, QR3, QR4, QR7, QR8, QR9 i QR10 su čitljivi barkod čitaču, dok kodovi QR5 i QR6 nisu. To potvrđuje treću hipotezu što znači da se za svaki projekt mora provesti testiranje za barkod čitače i optičke čitače s obzirom na valnu duljinu bojila.

Kombiniranjem strukture koda s mogućnostima koje daju Photoshop i Illustrator moguće je ostvariti beskonačno mnogo rješenja dizajna. Projektirani individualizirani QR kodovi pobuđuju veći interes, a nisu izgubili svoju funkcionalnost.

6. LITERATURA

1. *** <http://www.marco.hr/tehnologije/tehnologije.htm> - *Što je automatska identifikacija?*, 15.7.2013.
2. *** <http://www.qrme.co.uk/what-is-a-qr-code.html> – *What is a QR code?*, 15.7.2013
3. *** <http://www.primark.hr/identifikacija.php> – *Automatska identifikacija*, 16.7.2013.
4. *** <http://www.marco.hr/tehnologije/tehnologije-barkod.htm> – *Automatska identifikacija: bar-kod*, 16.7.2013.
5. *** <http://dev.opera.com/articles/view/2d-barcodes-real-world/> - *Barcodes: connecting the real-world to the virtual*, 16.7.2013.
6. *** <http://www.denso-wave.com/en/adcd/fundamental/barcode/index.html> – *What is a bar code?*, 16.7.2013.
7. *** <http://www.adams1.com/stack.html> – *Specificatons For Popular 2D Bar Codes*, 20.7.2013.
8. *** <http://toni.podmanicki.com/blog/2d-kodovi/> - *2D kodovi – QR Code, Microsoft Tag, Datamatrix*, 20.7.2013.
9. *** <http://www.unitaglive.com/help/qr/qr/what-is-a-qr/> – *What is a QR Code?*, 1.8.2013.
10. *** <http://www.qrcode.com/en/> - *QR code.com*, 25.8.2013.
11. *** http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/pscico-guyb/realworld/www/reedsolomon/reed_solomon_codes.html - *Reed-Solomon Codes*, 26.8.2013.
12. *** <http://www.cert.hr/sites/default/files/NCERT-%20PUBDOC-2012-01-334.pdf> – *QR kodovi i njihova zlouporaba*, 5.9.2013.

POPIS TABLICA

Tablica 1 - Shematski prikaz podjele kodova [4].....	6
Tablica 2 - Specifikacije QR koda [10].....	13
Tablica 3 - Korekcija grešaka [10]	14
Tablica 4 - Rezultati provjere čitljivosti individualiziranih kodova optičkim čitačima.....	53
Tablica 5 - Rezultati izračuna količine modifikacija projektiranih kodova u postotcima.	54
Tablica 6 - Rezultati provjere čitljivosti individualiziranih kodova barkod čitačem.....	55

POPIS SLIKA

Slika 1 - Auto-ID	3
Slika 2 - Prvi patent za barkod [2].....	4
Slika 3 - UPC barkod (izvor: https://www.erpnext.com/using-barcodes-to-ease-data-entry).....	5
Slika 4 - Struktura barkoda [6]	7
Slika 5 - Diskretna i kontinuirana simbologija [4].....	8
Slika 6 - Linearni barkod Code 128 s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na http://www.barcode-generator.org/	10
Slika 7 - 2D barkod Code 16K s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na http://www.barcode-generator.org/	10
Slika 8 - 2D barkod PDF417 s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na http://www.barcode-generator.org/	10
Slika 9 - Matrični 2D barkod MaxiCode s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na http://www.barcode-generator.org/	11
Slika 10 - Matrični 2D barkod Data Matrix s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na http://www.barcode-generator.org/	11
Slika 11 - Matrični 2D barkod Aztec Code s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na http://www.barcode-generator.org/	11
Slika 12 - Matrični 2D barkod QR Code s podacima "K.J., JMBAG: 0036424137" izgeneriran na http://www.barcode-generator.org/	11
Slika 13 - Struktura QR koda (izvor: http://www.qrme.co.uk/qr-code-resources/understanding-a-qr-code.html).....	13
Slika 14 – Primjer jednostavnog generatora barkodova.....	16
Slika 15 Primjer složenijeg generatora barkodova.....	16
Slika 16 - Primjer vizualnog generatora barkodova.....	17
Slika 17 - Primjer primjene QR koda (izvor: http://www.mdc.hr/hr/kalendar-dogadanja/?d=18-5-2011&t=o&vid=676&c=mdc)	18
Slika 18 - Mobilnih telefoni Apple iPhone 3GS, Nokia Lumia 710 i Samsung Galaxy S III mini korišteni za testiranje s instaliranim aplikacijama i-nigma i NeoReader.....	20
Slika 19 - Barkod čitač na blagajni u trgovini skenira kreirane QR kodove.....	20
Slika 20 – Korišteni generator QR kodova	22
Slika 21 - QR1 - 1. faza	22
Slika 22 - QR1 - 2. faza	23

Slika 23 - QR1 - 3. faza	23
Slika 24 - QR1 - 4. faza	24
Slika 25 - QR1 - uspoređeni izvorni i modificirani kod	24
Slika 26 - QR1 - 5. faza	24
Slika 27 - QR1 izvorni i individualizirani	25
Slika 28 - Rezultat očitavanja koda QR1 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	25
Slika 29 - QR1 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	26
Slika 30 - QR2 - 1. faza	26
Slika 31 - QR2 - 2. faza	26
Slika 32 - QR2 - 3. faza	27
Slika 33 - QR2 - 4. faza	27
Slika 34 - QR2 - uspoređeni izvorni i modificirani kod	28
Slika 35 - QR2 - 5. faza	28
Slika 36 - QR2 izvorni i individualizirani	29
Slika 37 - Rezultat očitavanja koda QR2 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	29
Slika 38 - QR2 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	29
Slika 39 - QR3 - 1. faza	30
Slika 40 - QR3 - 2. faza	30
Slika 41 - QR3 - 3. faza	31
Slika 42 - QR3 izvorni i individualizirani	31
Slika 43 - Rezultat očitavanja koda QR3 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	32
Slika 44 - QR3 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	32
Slika 45 - QR4 - 1. faza	32
Slika 46 - QR4 - 2. faza	33
Slika 47 - QR4 - 3. faza	33
Slika 48 - QR4 - 4. faza	34
Slika 49 - QR4 izvorni i individualizirani	34
Slika 50 - Rezultat očitavanja koda QR4 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	35
Slika 51 - QR4 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	35
Slika 52 - QR5 - 1. faza	35
Slika 53 - QR5 - 2. faza	36

Slika 54 - QR5 - 3. faza	36
Slika 55 - QR5 izvorni i individualizirani	37
Slika 56 - Rezultat očitavanja koda QR5 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	37
Slika 57 - QR5 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	37
Slika 58 - QR6 - 1. faza	38
Slika 59 - QR6 - 2. faza	38
Slika 60 - QR6 - 3. faza	39
Slika 61 - QR6 - 4. faza	39
Slika 62 - QR6 izvorni i individualizirani	40
Slika 63 - QR6 150x150 px.....	40
Slika 64 - Rezultat očitavanja koda QR6 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	41
Slika 65 - QR6 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	41
Slika 66 - QR7 - 1. faza	41
Slika 67 - QR7 - 2. faza	42
Slika 68 - QR7 - 3. faza	42
Slika 69 - QR7 - uspoređeni izvorni i modificirani kod.....	43
Slika 70 - QR7 - 4. faza	43
Slika 71 - QR7 izvorni i individualizirani	44
Slika 72 - Rezultat očitavanja koda QR7 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	44
Slika 73 - QR7 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	44
Slika 74 - QR8 - 1. faza	45
Slika 75 - QR8 - 2. faza	45
Slika 76 - QR8 - 3. faza	46
Slika 77 - QR8 izvorni i individualizirani	46
Slika 78 - Rezultat očitavanja koda QR8 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	47
Slika 79 - QR8 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	47
Slika 80 - QR9 - 1. faza	47
Slika 81 - QR9 - 2. faza	48
Slika 82 - QR9 - 3. faza	48
Slika 83 - QR9 - 4. faza	49
Slika 84 - QR9 izvorni i individualizirani	49

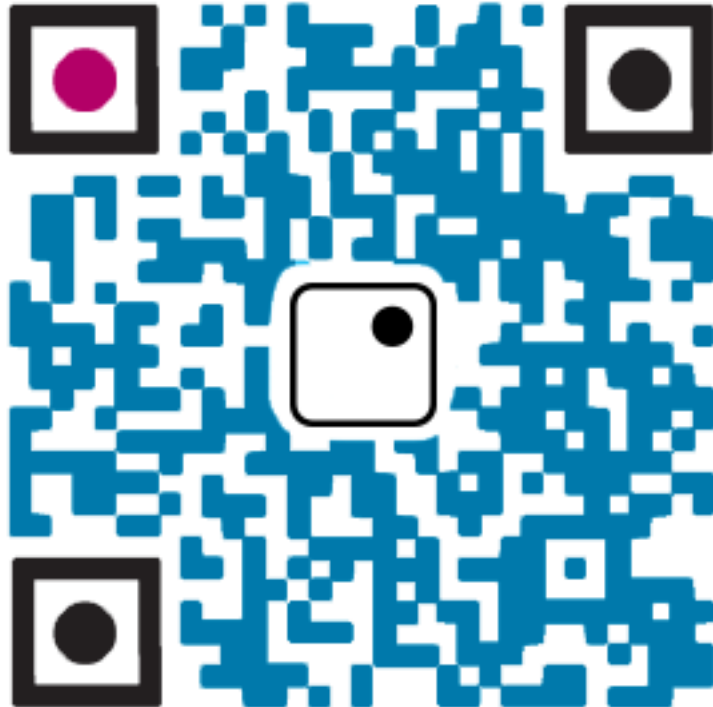
Slika 85 - Rezultat očitavanja koda QR9 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	50
Slika 86 - QR9 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	50
Slika 87 - QR10 - 1. faza	50
Slika 88 - QR10 - 2. faza	51
Slika 89 - QR10 - 3. faza	51
Slika 90 - QR10 izvorni i individualizirani	52
Slika 91 - Rezultat očitavanja koda QR10 na iPhone-u s i-nigma i Neoreader aplikacijama	52
Slika 92 - QR10 - uspoređeni izvorni i konačni individualizirani kod.....	52

PRILOZI

Prilog 1 – QR1



Prilog 2 – QR2



Prilog 3 – QR3



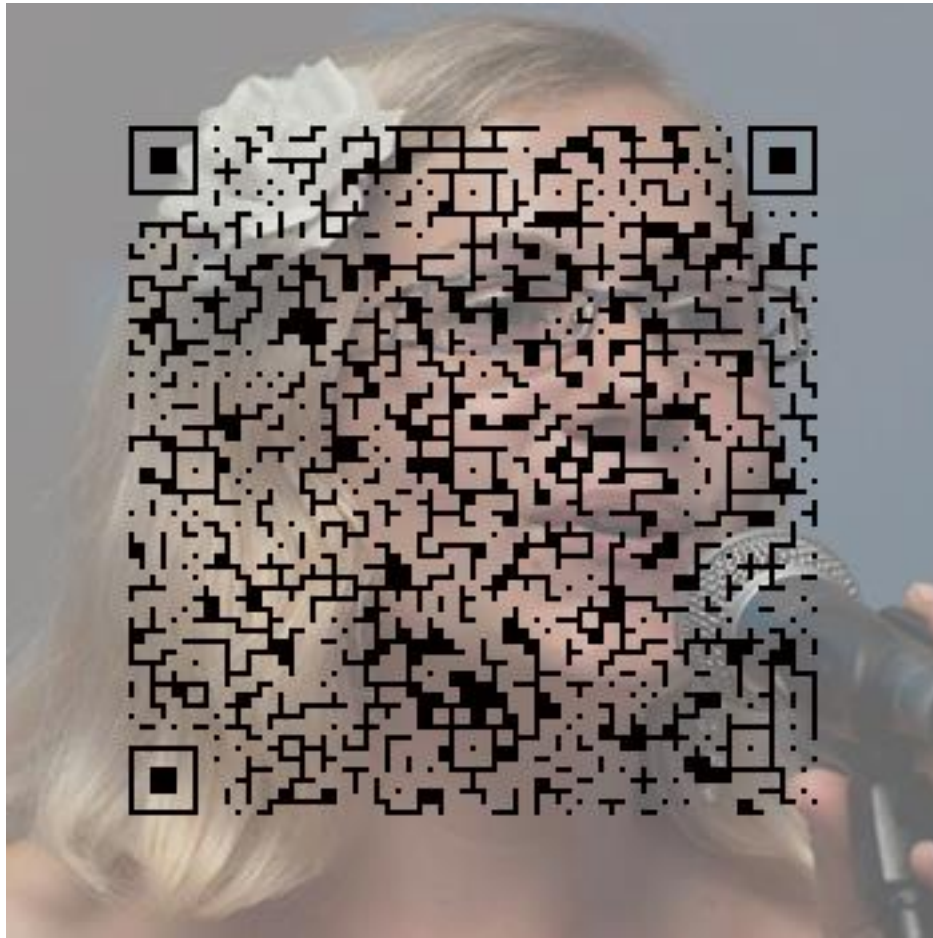
Prilog 4 – QR4



Prilog 5 – QR5



Prilog 6 – QR6



Prilog 7 – QR7



Prilog 8 – QR8



Prilog 9 – QR9



Prilog 10 – QR10

