

Utjecaj veličine piksela na senzoru na kvalitetu fotografija u različitim uvjetima osvjetljenja

Novina, Jakov

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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:216:305488>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-11**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

JAKOV NOVINA

**UTJECAJ VELIČINE PIKSELA NA
SENZORU NA KVALITETU
FOTOGRAFIJA U RAZLIČITIM
UVJETIMA OSVJETLJENJA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2014



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

JAKOV NOVINA

**UTJECAJ VELIČINE PIKSELA NA
SENZORU NA KVALITETU FOTOGRAFIJA
U RAZLIČITIM UVJETIMA OSVJETLJENJA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Dr.sc., Miroslav Mikota

Student:
Jakov Novina

Zagreb, 2014

SAŽETAK

Fotografija u mobilnim uređajima se razvija već više od desetljeća i postala je vrlo popularna. Proizvođači mobitela su počeli ugrađivati sve veće senzore u mobilne uređaje, puno se radi i na poboljšanju optike i općenito na poboljšanju kvalitete fotografija kod mobitela. S druge strane utrka megapiksela se rasplamsala, a jedan od proizvođača, tajvanski HTC, je okrenuo filozofiju i smanjio broj megapiksela u svojim najnaprednijim uređajima. Rezultat toga je da su pikseli na senzoru veće površine. Po svim zakonima fizike, oni bi trebali hvatati više svjetla prilikom okidanja fotografije, pa bi samim time i kvaliteta fotografija trebala biti veća. Cilj ovog rada je ispitati i pokazati je li HTC donio ispravnu odluku kada je smanjio broj piksela na senzoru kako bi poboljšao kvalitetu fotografija. Ili je konkurencija pronašla neke druge načine da podigne kvalitetu fotografija. Prilikom istraživanja koristili su se mobiteli s jednakom veličinom senzora, ali različitim brojem piksela tj. različitom veličinom piksela na senzoru. U teoriji, svaki pojedinačni piksel na senzoru HTC-ovog uređaja bi trebao primiti više svjetlosti od onih konkurentskih. Samim time bi kvaliteta fotografija trebala porasti, posebice u uvjetima slabog osvjetljenja. Ovaj diplomski daje odgovor na pitanje da li je HTC uspio u svom naumu.

Ključne riječi: veličina senzora, veličina piksela, kvaliteta fotografija, mobilna fotografija

ABSTRACT

Photography on mobile devices is being developed for over a decade and has become very popular. Mobile phone manufacturers have begun to install bigger sensors in mobile devices, there is also a lot of work to improve optics and generally to improve photo quality in mobile phones. On the other hand megapixel race flared, and one of the manufacturers, Taiwanese HTC, turned philosophy around and reduce the number of megapixels in its most advanced devices. The result is that the pixels on the sensor have a larger surface. By all the laws of physics, they should capture more light when the photos are taken, so consequently the image quality should be higher. The aim of this paper is to examine and show whether the HTC made the right decision when it reduced the number of pixels on the sensor to improve image quality. Or the competition found other ways to raise quality. During the research were used cell phones with the same sensor size, but a different number of pixels, ie. different size pixels on the sensor. In theory, each individual pixel on the sensor of HTC's devices should receive more light than competing devices. Thus to image quality should increase, especially in low light conditions. This paper provides an answer to the question of whether the HTC succeed in his plan.

Keywords: image sensor size, pixel size, image quality, mobile photography

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. OPĆENITO O DIGITALNOJ FOTOGRAFIJI.....	2
2.1.1. Razlike između digitalne i klasične fotografije	2
2.1.2. Tehnologija digitalne fotografije.....	4
2.2. KARAKTERISTIKE FOTOOSJETLJIVIH SENZORA.....	5
2.2.1. Tipovi fotoosjetljivih senzora.....	5
2.2.2. Veličina senzora	8
2.2.3. Veličina i brojnost piksela	10
2.2.4. Osjetljivost senzora	11
2.3. FOTOGRAFIJA NA MOBILNIM UREĐAJIMA.....	13
2.4. POČETAK I RAZVOJ FOTOAPARATA U MOBILNIM UREĐAJIMA ..	14
2.4.1. Nokia	16
2.4.2. Sony Ericsson.....	32
2.4.3. Sony	37
2.4.4. Samsung	40
2.4.5. Apple	48
2.4.6. Ostali proizvođači	51
2.4.7. Najbolja mobilna platforma za fotografe	54
2.5. PUREVIEW TEHNOLOGIJA.....	56
2.6. ULTRAPIKSEL TEHNOLOGIJA	60
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	65
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	82
5. ZAKLJUČAK.....	86
6. LITERATURA	87

1. UVOD

Danas su mobiteli sa fotografskim aparatom sasvim uobičajena pojava. Prvi mobiteli s ugrađenim fotoaparatom pojavili su se pred tek nešto više od desetak godina. Oni su u početku bili zamišljeni kao pomoćni uređaj kojim bi se korisnik poslužio kada ne bi imao pravi fotoaparat uz sebe. No, u kratkom periodu su napredovali do vrhunskih tehnoloških dostignuća koji su, prema nekima, na pragu toga da kompaktnim digitalnim fotoaparatom oduzmu tržište. Fotografski aparati u mobitelima danas imaju i funkciju snimanja videa, tako da su ujedno i fotoaparati i kamere. Velika prednost fotoaparata integriranog u mobitel je u tome što su multifunkcionalni, lagani i stalno spojeni na Internet. Upravo je povezanost s Internetom iznimno bitan faktor u proboju mobilne fotografije. Fotografije snimljene mobitelima sve su kvalitetnije, a prema veličini senzora i ostalim mogućnostima sve se više približavaju prosječnim kompaktnim fotoaparatom. Stoga ne čudi pojava brojnih aplikacija za obradu fotografija koje se mogu instalirati na mobitele i tablete, različita dodatna oprema koja pruža mogućnosti kreativnog izražavanja i fotografiranja u svakakvim uvjetima, kao ni ulazak mobitela u svijet DSLR fotografije, bilo to koristeći poluprofesionalne objektivne na mobitelima ili mobitele kao okidače za fotoaparat. U praktičnom dijelu ovog rada usporedili su se uređaji s različitim veličinama piksela na senzoru u svrhu utvrđivanja utjecaja veličine piksela na kvalitetu fotografija.

Proizvođači mobilnih uređaja su godinama "pumpali" broj piksela na sensorima više kao marketinški trik, da bi prodali više uređaja. Prošle godine je HTC sa svojim "*flagship*" (najbolji, najjači) uređajem okrenuo filozofiju za 180° - predstavili su uređaj sa samo 4 megapiksela, dok konkurencija nudi 8 i više. U teoriji, svaki pojedinačni piksel na senzoru HTC-ovog uređaja bi trebao primiti više svjetlosti od onih konkurentskih. Samim time bi kvaliteta fotografija trebala porasti, posebice u uvjetima slabog osvjetljenja. Ovaj diplomski daje odgovor na pitanje da li je HTC uspio u svom naumu.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. OPĆENITO O DIGITALNOJ FOTOGRAFIJI

U samim počecima digitalna fotografija je prolazila kroz teško razdoblje. Puno je ljudi bilo skeptično prema toj novoj tehnologiji i mnogi su joj predviđali neuspjeh i propast. Govorilo se kako digitalna fotografija nikada neće zaživjeti, a danas jednostavno ne možemo zamisliti život bez nje.

Iako je od samih početaka ona nudila određene prednosti u odnosu na klasičnu fotografiju, bilo je i dosta nedostataka, mana, koje su skeptici sa pravom isticali. No kroz desetljeće ubrzanog razvoja tehnologije, digitalna fotografija je te nedostatke i mane pretvorila u vlastite prednosti. Sve to kulminiralo je stanjem kakvo je danas; klasična fotografija postaje povijest i pripada muzejima i entuzijastima, dok je digitalna fotografija prerasla same okvire fotografije i koristi se u mnoge svrhe, te u mnoštvu uređaja uz same fotografske aparate.

2.1.1. Razlike između digitalne i klasične fotografije

Digitalna fotografija je jednostavnija i pristupačnija od klasične. Kod digitalnih fotoaparata se na licu mjesta može vidjeti i provjeriti fotografija na zaslonu fotoaparata, dok se kod klasične fotografije ista morala prvo razviti. To je ipak proces koji traje određeno vrijeme, zahtjeva opremu za razvijanje, znanje da se fotografija razvije, a u krajnjem slučaju, tu je i trošak razvijanja fotografije. Fotografiju na digitalnom fotoaparatu, ukoliko nije zadovoljavajuća, možemo isti tren obrisati što nije luksuz koji si možemo priuštiti kod klasične fotografije. [1]

Obrada fotografije snimljene digitalnim fotoaparatom na računalu je još jedna velika prednost na strani digitalne fotografije. Danas se svaka fotografija koja se razvija ili koristi za neki posao (tisak, objava na webu) prvo obrađuje u specijaliziranim softverskim alatima za obradu fotografija. Razvoj softvera za obradu fotografija je išao u korak sa razvojem digitalne fotografije. Najpoznatiji program za obradu digitalne fotografije je svakako Adobeov Photoshop koji se

razvija od 1990. godine. Klasične fotografije se također mogu obrađivati prilikom razvijanja, ali to je puno teži i mukotrpniji proces, a i iziskuje više znanja i iskustva od samog fotografa. Obrada na računalu ipak pruža više mogućnosti, ali i jednostavnost. Alternativa za klasičnu fotografiju bi bila skeniranje fotografije, pa obrada na računalu. No i to ima svoje mane. Potreban je skener, a kvalitetni skeneri nisu jeftini.

Sljedeća velika prednost digitalne fotografije jest ta da kada je prebacimo na računalo, vrlo lako je u nekoliko sekundi i sa nekoliko klikova mišem možemo poslati bilo kome i bilo gdje elektroničkom poštom ili objaviti na webu. Klasičnu fotografiju bi bilo potrebno prvo skenirati.

Osjetljivost, bijeli balans boje su još neke od prednosti digitalne fotografije nad klasičnom. Te i neke druge postavke se mogu podešavati na samom digitalnom fotoaparatu, dok je kod klasičnih potrebno zamijeniti film što i nije baš praktično. [1]

No nije bilo sve tako blistavo za digitalnu fotografiju u samom početku. Senzori su tada bilo još relativno niske rezolucije koje je bila dostatna za objavu na webu i razvijanje (ispisivanje) fotografija manjih formata. Osim toga, memorijski kapaciteti su bili znatno manji od današnjih, a memorijske kartice skupe. I sami digitalni fotografski aparati su bili skupi jer je tehnologija bila nova i nije bila toliko rasprostranjena. Rapidno okidanje je bila još jedna od mana u početku digitalne fotografije. No, kako je već bilo rečeno prije, sve te mane su brzim razvojem tehnologije zapravo postale prednost digitalne fotografije.

Senzori su dovoljno veliki i visoke rezolucije da se može tiskati i formate veće od A3 formata. Memorijske kartice su postale sve veće, te brže tako da ni rapidno okidanje, a ni količina fotografija koje stanu na jednu karticu danas više nisu problem. Dapače, postalo je to prednost na strani digitalaca. Na jednu memorijsku karticu prosječnog kapaciteta danas stane i više od tisuću fotografija. To je u odnosu na film velika prednost. I cijena memorijskih kartica je danas vrlo niska. Također i sami digitalni fotoaparati, barem oni namijenjeni širokoj publici i upotrebi, su vrlo pristupačni.

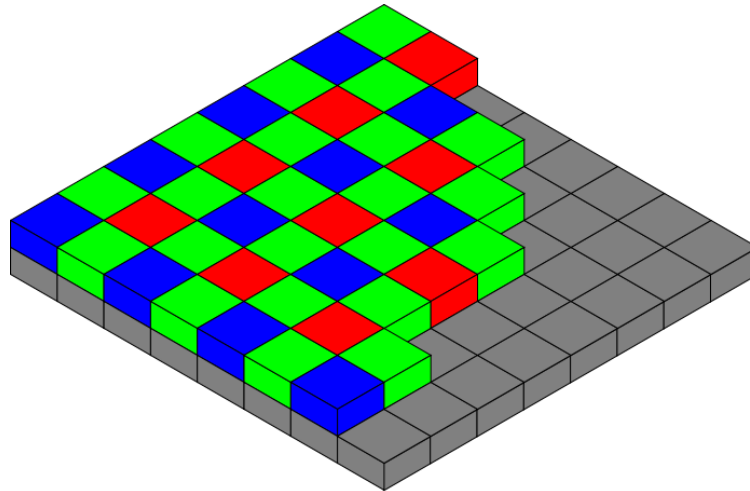
2.1.2. Tehnologija digitalne fotografije

Princip rada digitalnih fotoaparata je identičan onom kod fotoaparata s klasičnim filmom. Objektiv fokusira sliku, a sa otvorom objektiva i vremenom eksponiranja se određuje ispravna ekspozicija kojom će se snimiti fotografija. Glavna razlika je u tome što svjetlost koja prolazi kroz objektiv digitalnog fotoaparata ne pada na film nego na fotoosjetljivi senzor. [1] Fotoosjetljivi senzor je silikonski čip koji se sastoji od milijuna malih, na svjetlo osjetljivih, elemenata slike koje nazivamo pikseli.

Riječ piksel dolazi od engleskog *picture element*, element slike, tj. nositelj informacije. Kod klasične fotografije ti nositelji informacija su zrna (eng. *grain*). Ta dva pojma imaju više sličnosti nego razlika. I kod jednog i kod drugog postoji ovisnost između količine šuma (zrnatost kod klasične fotografije) i osjetljivosti na svjetlost. Manja osjetljivost daje bolju kvalitetu fotografija. Kod digitalnih fotoaparata ona ovisi o pojačalu koje procesira signal sa senzora, a kod klasičnih fotoaparata ovisi o izboru filma različite osjetljivosti.

Kada svjetlo padne na piksel, ono izaziva fotoelektrični efekt te se stvara električni napon, koji se zatim interpretira i pretvara u digitalni zapis fotografije. Senzori koji sadrže više piksela daju veću rezoluciju slike te bi time i sama kvaliteta fotografija trebala biti veća.

Boje na fotografiji se interpretiraju pomoću Bayerovog uzorka. Bryce Bayer je 1975. godine izumio sustav filtera u boji koji se nalazi iznad fotodetektora na senzoru i omogućuje dobivanje digitalne fotografije u boji. Svaki piksel je pokriven transparentnim filterom. Svaka grupa od četiri filtera sadrži po jedan crveni i plavi, te dva zelena piksela. Ljudsko oko je najosjetljivije na zelenu svjetlost, zato zelenih filtera ima dvostruko više. Slika 1 na idućoj stranici prikazuje Bayerov uzorak. [2] Konačnu boju piksela određuje fotoaparat uz pomoć izuzetno složenog izračuna koji predstavlja proračun svih piksela u odnosu na susjedne. Taj proces se zove interpolacija.



Slika 1. Bayerov uzorak kolornih filtera na foto senzoru
Izvor: <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Fotoosjetljivi senzor se u digitalnom fotoaparatu nalazi na istom mjestu gdje se u klasičnom fotoaparatu nalazi film. Prednost senzora nad filmom je i ta što je on potpuno ravan i prilikom svake ekspozicije se nalazi na istome mjestu. To kod filma ne mora uvijek biti slučaj. [1] Kod digitalnih fotoaparata se faze nastanka fotografije odvijaju u samom fotoaparatu: snimanje, obrada i pohrana. Kod klasičnih fotoaparata se u fotoaparatu odvija samo snimanje, a razvijanje i pohrana se odvijaju izvan njega.

2.2. KARAKTERISTIKE FOTOOSJETLJIVIH SENZORA

Postoji više različitih vrsta fotoosjetljivih senzora. Uz to, svaki senzor posjeduje određene karakteristike koje uvelike utječu na fotografiju i njenu kvalitetu.

2.2.1. Tipovi fotoosjetljivih senzora

Tipovi fotoosjetljivih senzora digitalnih fotoaparata su [3]:

- CCD (*Charge Coupled Device*)
- CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*)
 - Foveon
 - Super CCD

Prvi CCD (*Charged Coupled Device*) senzor je predstavljen 1969. Godine, a osmislili su ga Sterling Willard Boyle i George Elwood Smith iz Bell Labsa u New Jerseyu. Riječ je o senzoru sa nizom fotoosjetljivih jedinica spojenih u redove koji pretvaraju svjetlo u električne impulse. Riječ je o vrlo važnom otkriću za daljnji razvoj digitalne fotografije. Za svoje otkriće su dobili Nobelovu nagradu za fiziku 2009. godine. Osim Nobelove nagrade, dobili su i niz drugih nagrada uključujući nagradu *Franklin Institute's Stuart Ballantine Medal* te *IEEE Morris N. Liebmann Memorial Award* i *Charles Stark Draper Prize*. [3]

CCD senzori su prije desetak godina sloveli za tehnologiju vrhunskih profesionalnih sustava jer su davali slike visoke kvalitete sa niskom razinom šuma. No, bili su osjetljivi na *blooming*, to jest prelijevanje viška energije. Svaki piksel na senzoru je MOS kondenzator. Kada zraka svjetlosti padne na piksel, fotoni izbijaju elektrone u siliciju od kojeg je piksel načinjen te se stvara električni naboj. Ovaj efekt se naziva fotoelektrični efekt – pretvaranje svjetlosti u električni naboj. Naboj se drži u kondenzatoru svakog piksela. U ovom trenutku slika je još uvijek u analognom obliku. Broj izbijenih elektrona odgovara intenzitetu svjetlosti koja je pala na piksel. Zatim kontrolna elektronika potiče prijelaz naboja s jednog kondenzatora u nizu na drugi. Zadnji kondenzator u nizu prenosi naboj do sklopa koji ga pretvara u napon. Naponski impuls se uzorkuje, digitalizira i na kraju pohrani u memoriju. Ovaj proces se ponavlja za svaki niz piksela. Kada se obrade svi pikseli, formira se digitalna slika koju je kasnije moguće obraditi. Slika dobivena CCD senzorom je izvorno crno-bijela. Kako bi se dobila slika u boji, za svaki piksel slike koriste se tri podpiksela senzora, po jedan za prikupljanje crvene, zelene i plave boje. [2]

S druge strane CMOS senzori su bili praktični za proizvodnju i primjenu, te su trošili i do sto puta manje energije prilikom rada. Također su bili jeftiniji u proizvodnji i može ih proizvesti svaka standardna linija za proizvodnju elektroničkih čipova. Frank Wanlass je 1967. godine patentirao CMOS tehnologiju. CMOS senzori imaju brži prijenos podataka. U prošlosti su imali velikih problema sa osjetljivošću na šum. U zadnje vrijeme se te razlike između čipova polako smanjuju i CMOS senzori se ugrađuju i u vrhunskim

profesionalnima fotoaparatom. Uz to CCD senzori sve manje troše i postaju sve jeftiniji. CMOS senzori ipak prevladavaju u digitalnim fotoaparatom. Oni rade isto kao i CCD senzori na principu mreže milijuna sitnih fotoosjetljivih ćelija, piksela. Svaki od tih piksela stvara električni impuls kada na nju padne svjetlo, a snaga impulsa ovisi o količini svjetla. Glavna razlika između CMOS i CCD senzora je u načinu na koji se taj električni impulsi iz piksela prikupljaju. Kod CCD senzora se impulsi očitavaju serijski, jedan za drugim. Pošto električne impulse najprije treba pojačati, CCD senzori imaju pojačala na kraju svakog reda. Kod CMOS senzora se radi o X-Y adresiranju. Kod takvih senzora se svaka fotoosjetljiva ćelija može zasebno očitati, pomoću adresiranja po koordinatnoj mreži. Tako je sve električne impulse moguće odjednom procesuirati, oslobađajući senzor za sljedeću ekspoziciju. [2] Takav način rada senzora omogućuje i mjerenje ekspozicije, te autofokusiranje.

Super CCD je od 1999. godine razvijao Fujifilm. Takav senzor je nudio prošireni dinamički raspon, ali mu je razlučivost bila manja jer ima dvostruke piksele pa sa 6 + 6 megapiksela interpolacijom stvara 12 megapikselne fotografije. Takav senzor je imao dvije različite veličine piksela osjetljivih na svjetlo. Manji R piksel je služio za svjetlinu, a veći S piksel s bayerovim uzorkom za boju. Pikseli su osmerokutnog oblika za razliku od standardnih četverokutnih. [3] Fujifilm je zadnje fotoaparate sa super CCD senzorom proizveo 2010. godine. Iduće godine su odlučili koristiti uobičajene CMOS senzore sa standardnim četverokutnim oblikom piksela i bayerovim uzorkom.

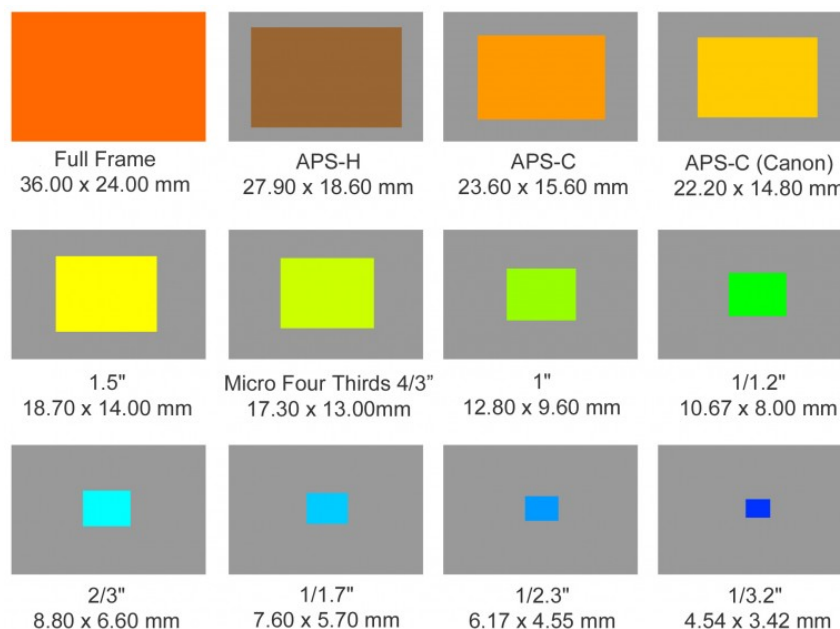
Foveon X3 senzore je razvila tvrtka Foveon. Foveon senzori nude odličnu reprodukciju boja, ali nedostaje im monokromatskih detalja. Takav senzor oponaša klasični film. Svaki piksel ima RGB filter, kao što film ima tri sloja. To mu je najveća razlika od standardnih CMOS senzora sa bayerovim uzorkom. Ova vrsta senzora se oslanja na dubinu prodiranja svjetlosti i tako mjeri intenzitet sve tri primarne boje. Zbog toga nije potrebna posebna filterska mreža i svaki senzor može snimiti tri puta više informacija. Separacija boja u svakom senzoru znači da se pikseli mogu puno jednostavnije grupirati što smanjuje razlučivost, ali se postiže puno veća osjetljivost i brzina snimanja. [3]

Prvi digitalni fotoaparat sa Foveon X3 senzorom je bila Sigma SD9 iz 2002. godine.

Svaki od ovih tipova senzora ima svoje prednosti i nedostatke. Svaki pokušava dati optimalne rezultate u odnosu na uloženo. Najvažnija stvar je da cijeli sustav u fotoaparatu dobro interpretira podatke koje mu daje senzor i da rezultat budu dobre i lijepe fotografije. Napretkom tehnologije se na tržištu pojavljuju sve bolja i savršenija tehnološka rješenja. Fotoaparati postaju sve bolji, a fotografije koje daju sve kvalitetnije i bolje.

2.2.2. Veličina senzora

Postoji više standardiziranih formata senzora u digitalnoj fotografiji, a svi se oni stavljaju u odnos sa *full frame* formatom koji približno odgovara veličini negativa klasičnog leica formata filma. Profesionalni fotoaparati uglavnom koriste senzore veličine približno leica formata. Polako se pojavljuju i neki malo jeftiniji modeli sa senzorom približno leica formata. Na slici 2 možemo vidjeti usporedbu veličina senzora. [4]



Slika 2. Uobičajene veličine senzora uspoređene sa senzorom približno leica formata
Izvor: <http://www.gizmag.com/>

Većina DSLR fotoaparata koristi manje senzore od približno leica formata senzora. Najpopularniji su fotoaparati sa APS-C veličinama senzora koji iznosi 40% veličine približno leica formata. Kompaktni fotoaparati pak koriste vrlo male senzore, čak i do samo 3% veličine približno leica formata. Neki skuplji modeli koriste i nešto veće formate senzora.

Porastom dimenzija senzora, brzo raste i njegova cijena. Razlog tomu je što se fotoosjetljivi senzori proizvode na tzv. *waferu* (doslovno prevedeno keksu). Na jednom *waferu* moguće je proizvesti određeni broj senzora. Ako je senzor veći, manje ih je moguće proizvesti na jednom *waferu*. Uz to jedan neispravni veliki senzor nanosi štetu kao desetak ili više malih senzora. [3]

Profesionalni fotoaparati uglavnom imaju veće i velike kvalitetne senzore. Mali senzori se proizvode isključivo radi njihove niske cijene. Mali senzori su pokrenuli i trend minimiziranja fotoaparata i objektivna. Budući da su objektivni najoštriji u centru, lakše je izraditi objektiv za manji senzor. Veliki senzori se najčešće koriste kod profesionalnih fotoaparata za velike formate ispisa i kvalitetni tisak. Veliki senzori visoke rezolucije trebaju i vrhunsku optiku jer oni mogu iskoristiti svu definiciju koju im optički sustav pruža. Neke od prednosti velikih senzora su veliki dinamički raspon i manja količina šuma.

Mali senzori imaju i mali dinamički raspon. Otprilike 1:256 (8 bita, dinamički raspon 8 EV). Zbog toga su portreti fotografirani kompaktnim fotoaparatom pri jačem svjetlu lišeni finih tonskih prijelaza i detalja. Pri slabom osvjetljenju mali senzori imaju visoku razinu šuma. Šum je nepostojeća informacija koju senzor formira na temelju nepotpunih podataka prilikom slabog osvjetljenja. [3]

Dinamika senzora iskazuje mogućnost senzora da prikaže određeni raspon kontrasta od najsvjetlije do najtamnije točke fotografiranog prizora. Ako su npr. oblaci spaljeni na fotografiji, možemo reći da prizor ima veću dinamiku od one koju senzor može zabilježiti. Dinamički raspon se izražava u EV – ekspozicijska vrijednost (eng. *exposure value*). To je oznaka intervala kod otvora objektivna, vremena eksponiranja ili ISO osjetljivosti.

Ljudsko oko percipira raspon od 24 EV ili 1:16.777,216 (24 bita). Različiti su podaci koji je dinamički raspon klasičnog filma. Spominje se 17 EV za negativ film i 12 EV za dijapozitiv. [3]

2.2.3. Veličina i brojnost piksela

Broj piksela isto povećava cijenu digitalnog fotoaparata. Veličina piksela na malim sensorima je puno manja (2,6 – 3,4 mikrona) od onih na velikim sensorima (6,8 – 10 mikrona). Ukoliko na senzoru jednakih dimenzija znatno povećamo broj piksela, to ne mora nužno značiti da će fotografije biti bolje i kvalitetnije. Uz povećanje rezolucije senzora potrebno je povećati i razlučivost objektiva. U protivnom povećanje rezolucije senzora i nema nekog smisla, osim marketinškog kako bi se povećala cijena fotoaparata. Ako je objektiv loš, ni najbolji senzor neće dati dobru sliku. Također, povećat će se i potreba za memorijskim kapacitetom i nepotrebno će se usporiti čitavi sustav.

Ukoliko se žele praviti fotografije veće rezolucije mora se ili povećati veličinu senzora, ili smanjiti veličinu piksela kako bi ih više moglo stati na postojeću veličinu senzora. Ako se smanji veličina pojedinog piksela na senzoru, tada će taj smanjeni piksel uhvatiti manje fotona te se tako povećava mogućnost stvaranja šuma.

Kvaliteta i veličina ispisa određuje broj megapiksela koji su potrebni, a optimum je: 3 MP za fotografije na papiru veličine 15x20 cm; 6 MP za 20x30 cm; 12 MP za 40x60 cm itd. [3]

Mali senzori pate od velike količine šuma, malog dinamičkog raspona i male osjetljivosti. Isto tako, mali senzor ograničava mogućnost postizanja male dubinske oštine, odnosno dubine polja (eng. *Depth of Field*) koju je moguće postići na fotografiji. To je dobro ako želimo da nam na fotografiji sve bude oštro, ali ako želimo da nam objekt koji slikamo ispadne oštro, a sve iza i ispred njega zamučeno, kako bismo naglasili to što slikamo, to nećemo moći postići s malim sensorom. Uz to se pojavljuje i problem difrakcije koja smanjuje

razlučivost kod malih otvora objektivna. Otvor objektivna kod kojeg dolazi do difrakcije, koja uvelike smanjuje oštrinu i kontrast slike koja dolazi na senzor, je proporcionalan veličini senzora. On se kreće oko $F/16 - F/22$ za puni 35 mm format, $F/8 - F/10$ za APS senzore i samo $F/4$ za male senzore dijagonale 11 mm kod kompaktnih fotoaparata. Radi toga na kompaktnim fotoaparata nema otvora objektivna manjeg od $F/8$. [3]

Kod velikih senzora se mogu pojaviti drugi problemi ovisni o broju piksela. Ako bi rezolucija senzora bila manja od razlučivosti objektivna, pojavljuje se *moiré*. *Moiré* na slikama stvara neobičan valoviti uzorak koji ne postoji na stvarnom objektu. Uzrok nastanka su smetnje između uzorka na objektu i uobičajenog uzorka piksela na senzoru slike, zbog čega nastaje treći uzorak, a to je *moiré*. Najčešće se pojavljuje na slikama visokog kontrasta, onima s finim detaljima ili uzorcima, odnosno slikama koje premašuju razlučivost senzora. On se ispravlja s *anti-aliasing* (filter niske propusnosti) filterom koji uzrokuje blagu zamućenost na fotografijama svih DSLR-a i povećava cijenu fotoaparata. Neki proizvođači stavljaju jače, a neki slabije filtere ili piksele postavljaju što bliže jedne drugima.

2.2.4. Osjetljivost senzora

Postoji više sustava koji određuju i definiraju osjetljivost fotografskih medija. Svaki od tih sustava ima vlastite mjerne jedinice i oznake (ISO, DIN, ASA...). ISO sustav je prihvaćen kao standard u digitalnoj fotografiji. Većina digitalnih fotoaparata ima neke uobičajene ISO vrijednosti u rasponu od 50 do 1600. Profesionalni fotoaparati imaju i veće mogućnosti, čak i do 102400. Svaki sljedeći korak je dvostruko osjetljiviji od prethodnog. Tako je ISO 100 dvostruko osjetljiviji od ISO 50, ISO 200 dvostruko osjetljiviji od ISO 100... [2]

Povećavanjem ISO osjetljivosti na digitalnom fotoaparatu se uz pomoć pojačala pojačava električni napon koji je nastao fotoelektričnim efektom na površini senzora. No tim pojačavanjem dolazi i do pojačavanja signala koji su stigli od dijelova senzora na koje nije uopće ili je palo premalo svjetla. Ukoliko

je na senzor palo premalo svjetla, teško je definirati boju i teksturu i zbog toga dolazi do pogrešne interpretacije, što rezultira mrljama bez detalja – tj. šumom. Veći senzori ujedno imaju i viši uporabivi ISO, tj. manja je količina šuma. [3]

Manja ISO vrijednost znači i manja osjetljivost senzora, ali je i fotografija kvalitetnija i sadrži manje šuma. Uzroci pojave šuma mogu biti: duga ekspozicija, velika ISO vrijednost ili povišena temperatura okoline.

2.3. FOTOGRAFIJA NA MOBILNIM UREĐAJIMA

"Najbolji fotoaparatus je onaj koji je s vama! Fotografija nisu megapikseli ili dinamički raspon, već priče i trenuci" rekao je američki fotograf Chase Jarvis. Koliko puta smo se našli u prilici napraviti odličnu fotografiju, ali nismo uz sebe imali fotoaparatus? Možemo posjedovati najbolji fotoaparatus na svijetu, malo nam to znači ako on u pravom trenutku nije uz nas. Nema ni smisla nositi fotoaparatus i opremu tešku nekoliko, pa i do desetak kila uvijek sa sobom. No jedan uređaj većina ljudi danas gotovo uvijek ima uz sebe. Taj uređaj je mobitel.

Unatoč tome što su danas svakodnevna pojava, prvi mobiteli s ugrađenim fotoaparatom pojavili su se pred tek nešto više od deset godina. Mobiteli sa fotoaparatom su u početku bili zamišljeni kao pomoćni uređaj kojim bi se korisnik poslužio kada ne bi imao pravi fotoaparatus uz sebe. Više su služili da se može uslikati neka pozadina za mobitel, profilna slika za kontakte i slično. Slike napravljene mobitelom su se rijetko skidale sa mobitela na računalo, a još manje bi se razvijale ili ispisivale na papir. No, u kratkom periodu su fotoaparatusi na mobitelima puno napredovali, prema nekima i do te mjere da kompaktnim digitalnim fotoaparatusima oduzimaju tržište.

Velika prednost fotoaparatusa integriranog u mobitel je u tome što su to multifunkcionalni uređaji, lagani i stalno spojeni na Internet. Upravo je povezanost s Internetom iznimno bitan faktor u probou mobilne fotografije. Dakle, osim što sliku možemo napraviti mobitelom, pregledati je na zaslonu mobitela, tu istu sliku možemo bez prebacivanja na računalo poslati elektroničnom poštom ili objaviti na webu. Na mobitelu ili tabletu, toj slici možemo dodati i razne efekte, čak je i do neke mjere obraditi. Trend povezanosti na Internet su u zadnjih godinu – dvije preuzeli i pravi fotoaparatusi.

Fotografije snimljene mobitelima sve su kvalitetnije, a prema veličini senzora i ostalim mogućnostima sve se više približavaju prosječnim kompaktnim fotoaparatusima. Stoga ne čudi pojava brojnih aplikacija za obradu fotografija koje se mogu instalirati na mobitele i tablete, različita dodatna oprema koja pruža mogućnosti kreativnog izražavanja i fotografiranja u

svakakvim uvjetima, kao ni ulazak mobitela u svijet DSLR fotografije, bilo to koristeći poluprofesionalne objektivne na mobitelima ili mobitele kao daljinske upravljače za fotoaparatus.

2.4. POČETAK I RAZVOJ FOTOAPARATA U MOBILNIM UREĐAJIMA

Preduvjet za ugradnju fotoaparatusa u mobitele je svakako bio zaslon u boji. Prvi modeli mobitela sa ugrađenim fotoaparatusom pojavili su se krajem prošlog tisućljeća na Dalekom istoku. Mnogi smatraju Sharpov model J-SH04 (slika 3), kojeg je ekskluzivno na japansko tržište pustio mobilni operater J-Phone u studenom 2000. godine, prvim mobitelom sa ugrađenim fotoaparatusom. [5] Ovaj model je imao CMOS senzor rezolucije 110,000 piksela i pravio je slike rezolucije 352x288 piksela. Mobitel je imao TFT (eng. *thin-film transistor*) zaslon koji može prikazati 256 tisuća boja i rezoluciju 96x130 piksela. Interna memorija je bila kapaciteta od samo 0.2 megabajta. Pokraj leće fotoaparatusa, na stražnjoj strani mobitela, se nalazilo i malo ogledalce za slikanje autoportreta.



Slika 3. Sharp J-SH04, prvi mobitel sa ugrađenim fotoaparatusom
Izvor: <http://gadgetizor.com/>

Međutim, nekoliko mjeseci ranije, u lipnju 2000. godine je Samsung izbacio u Južnoj Koreji model SCH-V200 (slika 4). [6] On je imao 1.5 inčni (jedan inč iznosi 2.54 centimetara, pa dijagonala iznosi 3.81 centimetar) TFT zaslon i ugrađeni fotoaparati koji je mogao napraviti 20 fotografija rezolucije 640x480. Senzor je bio CCD sa 350,000 piksela. Interna memorija iznosila je ravno 1 megabajt. Problem sa ovim modelom je u tome da bi vidjeli fotografiju morali bi ga spojiti na računalo. Fotoaparati i mobitel su u suštini bila dva zasebna uređaja u istome kućištu. [7] Kod Sharpovog modela je fotoaparati bio potpuno integriran u mobitel i fotografije su se mogle slati direktno sa mobitela. Zato ga ipak većina smatra prvim mobitelom sa ugrađenim fotoaparatom.



Slika 4. Samsung SCH-V200
Izvor: <http://www.mobilemag.com/>

U narednih desetljeće i pol je bilo mnogo modela različitih proizvođača mobitela koji su svojom pojavom na neki način utjecali na razvoj mobilne fotografije. Zato će radi veće preglednosti na dalje ti modeli biti podijeljeni prema proizvođaču. Neki od proizvođača koji su uvelike utjecali na razvoj mobilne fotografije su: Nokia, Samsung, Sony (Sony Ericsson), LG, HTC, Apple...

2.4.1. Nokia

Nokia je pravi div kada se priča o mobitelima, a njezin utjecaj na razvoj fotoaparata u mobilnim uređajima je neizmjeran. Dugo vremena je Nokia bila neprikosnoveni broj jedan u svijetu što se tiče udjela u tržištu mobilnih uređaja. Također, oni su među prvima pokrenuli revoluciju pametnih mobitela (eng. *smartphone*). Dok su drugi proizvođači mobitela uglavnom radili obične (eng. *dumbphone*) mobitele Nokia je uz njih ustrajno gurala i svoje pametne telefone sa Symbian OS-om. I drugi proizvođači poput Samsunga i Sony Ericssona su imali svoje modele temeljene na Symbian OS-u, ali to je bio tek pokoji model.

Tada nije bilo Appleovog iOS-a ili Googleovog Androida. Nokia je vladala tržištem. Symbian OS je dominirao tržištem u zadnjem kvartalu 2007. godine sa čak 62,5% udjela ispred Microsoftove Windows Mobile platforme sa 11,9% udjela i RIM-a (*Research In Motion Limited*) sa 10,9% udjela. [2]

Do kraja 2010. godine Symbian više nije bio najpopularnija mobilna platforma, već je to bio Googleov Android sa 30% tržišnog udjela. Nokia nije prihvatila Googleov otvoreni Android OS, već se 2011. udružila sa Microsoftom i prigrlila njihovu novu Windows Phone platformu. Nokia je zadnji mobitel sa Symbianom predstavila 2012. godine. U prvom kvartalu 2014. godine udio pametnih telefona sa Android operacijskim sustavom iznosi 81,1% dok Windows Phone na trećem mjestu ima samo 2,7% udjela. [2]

Ovo je bitno, jer je Nokia početkom prošlog desetljeća imala veliku ulogu samom brojkom prodanih uređaja. No nije se Nokia isticala samo masovnošću, kada prođemo kroz njihove najzapaženije modele kroz to razdoblje, vidjet će se da su uvijek bili i nositelji tehnološkog napretka i jako su bitni za razvoj fotoaparata u mobitelima. U prošlom desetljeću Nokia je prodala 2,7 milijardi mobitela i tako postala najrašireniji tehnološki *brand* svih vremena. I dan danas još uvijek petina ljudi širom svijeta koristi Nokijin mobitel. Sony sa svojim Walkmanom, Apple sa iPodom i Microsoft sa DOS-om i Windowsima zajedno nikada nisu došli do takvog globalnog uspjeha. [8]

U prošlom desetljeću je u svijetu prodano 3,8 milijardi mobitela sa fotoaparatom. Od toga se 2,5 milijardi tih mobitela koristi i danas - 65% od svih mobitela koji se koriste. Otprilike milijarda mobitela sa fotoaparatom su Nokije. Za usporedbu, ako zbrojimo sve klasične i digitalne fotoaparate koji su ikada proizvedeni, dobit ćemo brojku koja je manja od broja Nokijinih mobitela sa fotoaparatom koji su još uvijek u upotrebi. [8] Unatoč ogromnom padu popularnosti i udjela u prodaji pametnih mobitela, Nokia i dalje prodaje puno običnih mobitela. Nokia je i dalje u samom vrhu što se tiče napretka i razvoja fotoaparata u mobilnim uređajima. Najbolji fotoaparati u mobilnelima danas su upravo Nokijini modeli.

Prvi Nokijin mobitel sa ugrađenim fotoaparatom je Nokia 7650 (slika 5) iz drugog kvartala 2002. godine. [9] Bio je to prvi Nokijin pametni telefon sa Symbian OS-om. Senzor je imao 0.3 megapiksela i bio je sposoban raditi fotografije rezolucije 640x480. Interna memorija je bila 4 megabajta od čega je 3.4 megabajta bilo dostupno korisniku na korištenje. Ekran je bio TFT sa mogućnošću prikaza 4096 boja, rezolucije 176x208 piksela i dijagonale od 2.1 inča. To je bio prvi mobitel sa fotoaparatom koji je bio dostupan u cijelom svijetu za razliku od prethodnih koji su bili ekskluzivni za japansko i korejsko tržište. Mobitel je bio promoviran i kao „zvijezda“ filma Minority Report. [2]



Slika 5. Nokia 7650, prvi mobitel sa fotoaparatom dostupan u cijelom svijetu
Izvor: <http://ixbtlabs.com/>

Nasljednik Nokije 7650 je bila Nokia 3650 predstavljena krajem 2002. godine. Tehničke specifikacije, senzor i ekran su bili jednaki kakve je imala 7650. Najveća razlika, gledano sa fotografske strane, je ta da je Nokia 3650 mogla proširiti internu memoriju sa MultiMediaCard (MMC) memorijskom karticom. U paketu sa mobitelom je dolazila kartica kapaciteta 16 megabajta. Nokia 3650 će ostati zapamćena i kao jedan od prvih mobitela koji je mogao snimati video isječke. Mobitel je imao neobičnu tipkovnicu kod koje su tipke bile poslagane u krug. Mnogima je to bilo neobično i trn u oku, tako da je Nokia nekoliko mjeseci kasnije izbacila novi model sa konvencionalnim rasporedom tipki – Nokiju 3660. Osim normalne tipkovnice, mobitel je imao još jedno poboljšanje. Radi se o 16-bitnom ekranu sposobnom prikazati 65,536 boja. Rezolucija i dimenzije ekrana su ostale nepromijenjene.

Sljedeći Nokijin spomena vrijedan model je 7610. To je prvi Nokijin mobitel koji je imao megapikselni fotoaparatus. Maksimalna rezolucija fotografija je bila 1152x864 piksela. Na tržištu se pojavio sredinom 2004. godine. Imao je 8 megabajta interne memorije koju je bilo moguće proširiti sa RS-MMC memorijskom karticom (Reduced-Size MultiMediaCard). Kartica koja je dolazila uz mobitel bila je kapaciteta 64 megabajta. Ekran je bio standardan kao i kod prethodnika. Mobitel je dolazio sa predinstaliranom Kodak Photo Sharing aplikacijom za dijeljenje fotografija. Moguće je bilo i snimanje videa maksimalne rezolucije 176x144 piksela. [10] Model 7610 bio je namijenjen modno osviještenim korisnicima, tako da je i on imao malo neobičnu, zakrivljenu tipkovnicu. Nekoliko mjeseci kasnije je izašao i model 6670 namijenjen poslovnim korisnicima i konvencionalnog dizajna.

U isto vrijeme je izašla i Nokia 6260 koja nije bila zapažena po naprednim tehničkim karakteristikama. Imala je fotoaparatus u mogućnosti snimanja samo VGA (640x480) rezolucijom. No ono čime se isticala je bio inovativna preklopna konstrukcija s mogućnošću zakretanja ekrana. Tako da je mobitel u trenutku fotografiranja djelovao kao mala digitalna kamera. Također, mobitel je imao zasebnu tipku za fotografiranje.

Pred kraj iste godine, Nokia je na tržište izbacila model 6630. Novosti koje je ona donijela su 1.3 megapikselski senzor sa rezolucijom fotografija od 1280x960 piksela. Ovo je bio među prvim 3G mobitelima koji su omogućavali puno brže spajanje na internet. Nokia 6630 je prvi mobitel koji je mogao raditi na svim mrežama diljem svijeta. Interna memorija je bila povećana na 10 megabajta, a mobitel je podržavao memorijske kartice do 2 gigabajta. Ovo je prvi Nokijin model koji je spremao EXIF podatke u fotografijama. [10] Kvaliteta fotografija je bila značajno bolja u odnosu na prethodnike.

Njen nasljednik je bila Nokia 6680. Možemo je vidjeti na slici 6. Na tržište je stigla u svibnju 2005. godine. [11] Stražnji fotoaparata je isti kao i na prethodniku, ali je Nokia 6680 imala i drugi, prednji fotoaparata od 0.3 megapiksela za videopozive. Ekran je bio iste rezolucije i dijagonale, ali je mogao prikazati 262,144 boja. Stražnji fotoaparata je imao aktivni poklopac koji ga je aktivirao kada bi ga se povuklo, slično kao kod kompaktnih fotoaparata nekad. Još jedna novost kod ovog modela je bio i LED bljeskalica.



Slika 6. Model 6680 sa kliznim poklopcem je podsjećao na kompaktne fotoaparate iz tog razdoblja *Izvor: <http://www.sigmaspy.com/>*

U trećem kvartalu 2005. godine Nokia je predstavila novu liniju pametnih telefona nazvanu Nseries. Tri modela su izašla u isto vrijeme: N70, N90 i N91. Model N70 je direktni nasljednik Nokije 6680. Fotoaparatus je bio rezolucije 2 megapiksela, a prednji 0.3 megapiksela. Mobitel je imao 32 megabajta interne memorije proširive memorijskom karticom. To je bio mobitel sa najviše interne memorije u svoje doba. N70 je kao i prethodnik imao LED bljeskalicu, isti ekran i aktivni poklopac fotoaparata. Nova Nokijina Nseries je u svojoj aplikaciji za fotografiranje ponudila izbor različitih scena snimanja, postavki bljeskalice i bijelog balansa te razne efekte koji su se mogli odabrati za fotografiju (npr. sepia, crno-bijelo...). Fotografije koje je isporučivala Nokia N70 su bile odlične kad je bilo dovoljno svijetla, dok se kod tamnijih prizora pojavljivao šum. [10]

Nokia N91 je također imala 2 megapikselsni fotoaparatus. Ali sama namjena ovog modela je bila glazba. N91 je imala ugrađeni tvrdi disk od 4 ili 8 gigabajta i posebne tipke za kontrolu glazbene reprodukcije. S druge strane, Nokia N90 je bila potpuno orijentirana na fotografiju i čini veliki korak u napretku mobilne fotografije. Iako je i njen senzor imao dva megapiksela kao i ostala dva modela iz serije, N90 je sa drugim poboljšanjima napravio korak naprijed u razvoju fotoaparata u mobilnim uređajima. Nokia N90 je prvi mobitel koji je koristio Carl Zeiss leće sa autofokusom i LED bljeskalicom. Carl Zeiss optika je sinonim za kvalitetu objektiva. Tvrtka ima stogodišnju tradiciju, uživa dobar ugled u industriji. [2] Kao i uvijek, i ovdje je bilo puno skeptika. Oспоравало se i govorilo da je to samo ime, naljepnica kraj leće fotoaparata, samo još jedan marketinški trik za poboljšanje prodaje uređaja. Ali kroz godine korištenja, Nokia i dan danas u svojim mobitelima ugrađuje Carl Zeiss optiku, nekako se došlo do konsenzusa da ona ipak radi razliku i da nije samo marketinški trik. Osim revolucionarne optike, mobitel je bio slične konstrukcije kao i Nokia 6260. Bio je to preklopni mobitel sa rotirajućim zaslonom, s tim da je ovdje to bilo još domišljatije izvedeno. Nije samo ekran moguće okretati već i sam modul sa fotoaparatom se može zakretati. Uz to Nokia N90 ima dva ekrana: unutarnji, glavni ekran rezolucije 352x416 piksela, s mogućnošću prikaza 256k boja i istom dijagonalom od 2.1 inča kao i prethodnici; i vanjski TFT ekran rezolucije 128x128 piksela i mogućnošću prikaza 65k boja. Gustoća piksela glavnog,

unutarnjeg zaslona iznosi ~259 ppi (piksela po inču), tj. četiri puta više od prethodnih modela. [10] Takve gustoće piksela se ne bi posramili ni mnogi današnji pametni telefoni. Budući da mobitel ima drugi ekran na poklopcu i rotirajući modul sa fotoaparatom, fotografirati se moglo i bez otvaranja mobitela. Mobitel je, kao i njegov prethodnik 6260, podsjećao na digitalnu kameru kada bi se otvorio i zarotirao glavni ekran. Može se reći da je Nokia unijela pravu malu revoluciju na tržište mobilne fotografije sa modelom N90. Digli su letvicu na novi, viši nivo. Mobitel je proglašen *European Media Phone of the Year 2005-2006*. [12] Ovaj model i njegova preklopna forma mogu se vidjeti na slici 7.



Slika 7. Nokia N90 je prvi model sa ugrađenom Carl Zeiss optikom
Izvor: <http://conversations.nokia.com/>

Nokia N80 je izašla na tržište u travnju 2006. godine. N80 je imala fotoaparat razlučivosti 3.15 megapiksela koji je davao slike razlučivosti 2048x1536 piksela. Mobitel je imao LED bljeskalicu, ali nije imao Carl Zeiss optiku, niti autofokus. Interna memorija je iznosila 40 megabajta, a ekran je bio isti kao unutarnji na Nokiji N90. Ovaj mobitel je među prvima ponudio Wi-Fi bežično povezivanje na internet. Nokia N80 je dobila nagradu *2006 TIPA award*

for Best Imaging Device. [12] Nagrade TIPA (*Technical Image Press Association*) Awards izdvajaju najinovativnije fotografske proizvode predstavljene u proteklih 12 mjeseci.

Sljedeći značajniji model bio je nasljednik N70, Nokia N73. Ona je ponudila senzor rezolucije 3.15 megapiksela sa Carl Zeiss optikom, LED bljeskalicom, aktivnim poklopcem fotoaparata i zasebnom tipkom za fotografiranje. Ekran je bio nešto veće dijagonale – 2.4 inča, ali i niže rezolucije (240x320 piksela) od one na N80. Ovaj model nije imao mogućnost povezivanja preko Wi-Fi-a. Mobitel je na tržište stigao u kolovozu 2006. godine. [10]

Tada je negdje i Nokia N93 stigla na tržište. Kao nasljednik Nokije N90 i ovaj model je bio preklopive konstrukcije i rotirajućeg zaslona, ali nije bilo moguće zarotirati modul fotoaparata. Razlog tome je taj što Nokia N93 ima Carl Zeiss Vario-Tessar trostruki (3x) optički zum. [10] Ovo je prvi Nokijin model sa optičkim zumom, ali nije i prvi mobitel uopće sa optičkim zumom. Zanimljivo, prvi mobitel sa optičkim zumom dolazi od Sharp-a kao i prvi mobitel sa fotoaparatom uopće. Riječ je o modelu V602SH koji je na japansko tržište došao sredinom 2004. godine. Imao je 2x optički zum i 2 megapiksela. Nokia N93 je imala senzor od 3.15 megapiksela (fotografije rezolucije 2048 x 1536 piksela), te glavni ekran jednak kao onaj na Nokiji N73. Veličina senzora kod ovog mobitela je bila 1/3.2". Za usporedbu iPhone 5 koristi senzor jednakih dimenzija. Interna memorija iznosila je 50 megabajta, a moguće ju je bilo proširiti miniSD memorijskom karticom. Mobitel je mogao snimati video u VGA rezoluciji i u 30 sličica po sekundi. Da je mobitel bio dostojan nasljednik modela N90 govori i nagrada koju je naslijedio od prethodnika. Tako je N93 postao *European Media Phone of the Year 2006-2007*. [12] U siječnju 2007. na tržište je došla redizajnirana verzija N93i koja je zadržala sve tehničke značajke prethodnika. Najveća razlika je bila u ekranu koji je sada bio u mogućnosti prikazati 16 milijuna boja.

Jedan od najpopularnijih Nokijinih modela svih vremena, a ako govorimo samo o pametnim telefonima onda i najpopularniji, je svakako model N95. Na tržište je došao u ožujku 2007. godine. Mobitel je imao 5 megapikselsni senzor

koji je pravio fotografije maksimalne rezolucije 2592x1944 piksela, Carl Zeiss optiku sa autofokusom i LED bljeskalicom. Snimao je video u VGA rezoluciji i 30 sličica u sekundi. Interna memorija je iznosila 160 megabajta proširivih sa microSD memorijskim karticama do 8 gigabajta. TFT ekran je mogao prikazati 16 milijuna boja i bio je dijagonale 2.6 inča te rezolucije 240x320 piksela. N95 je imao 64 megabajta radne memorije, stereo zvučnike, multimedijalne tipke za kontroliranje reprodukcije glazbe i zasebnu tipku za okidanje fotografija. Uz sve to se mogao povezivati bežično putem Wi-Fi-a te je imao GPS prijemnik. [10] Zahvaljujući GPS prijemniku su se fotografije mogle geotagirati. Sve ovo je Nokia uspjela ugurati u relativno kompaktan uređaj koji je imao dvostruki klizni mehanizam. Kada se ekran mobitela pogurao prema gore, otkrila bi se numerička tipkovnica. Prema dolje bi se otkrile multimedijalne tipke za upravljanje glazbom. Mobitel je pravio odlične fotografije, a granica od 5 megapiksela se neko vrijeme zadržala kao gornja granica u mobilnoj fotografiji. Na nekim mjestima se spominje da je senzor veličine 1/2.5" što ni mnogi današnji top modeli nemaju. Nokia je modelom N95 osvojila prestižnu nagradu *2007 TIPA award for Best Imaging Device*. [12] Na slici 8 možemo vidjeti N95.



Slika 8. N95 je jedan od najpopularnijih Nokijinih modela
Izvor: <http://conversations.nokia.com/>

Nažalost po Nokiju ovaj model koliko god bio dobar i popularan, nekako je označio prekretnicu i početak pada Nokije. Nekoliko mjeseci nakon ovog mobitela, na tržište je stigao Appleov iPhone i polako su mobiteli sa ekranom osjetljivim na dodir (eng. *touchscreen*) počeli preuzimat primat na tržištu. U listopadu iste godine je Nokia izbacila nadograđeni model N95 8GB. Kao što mu i samo ime sugerira, mobitel je imao 8 gigabajta interne memorije. Osim povećanog kapaciteta memorije i baterija je doživjela isti tretman. Umjesto 64 megabajta RAM memorije, nadograđeni model je imao 128 megabajta. Uz to je i ekran povećan sa 2.6 inča na 2.8 inča. Osim TIPA-ine nagrade, mobitel je dobio mnoga priznanja internetskih portala i informatičkih časopisa. N95 je svojedobno nadmašio u prodaji sve svoje rivale uključujući i iPhone.

Sljedeći model vrijedan spomena je Nokia N82 koja je izašla samo mjesec dana nakon N95 8GB. Ona nije imala toliku internu memoriju i imala je manji ekran. Što se fotoaparata tiče, senzor je ostao isti kao i Carl Zeiss optika. Zanimljivost koju je N82 donijela je bila ksenon bljeskalica. To je prvi Nokijin mobitel sa ksenon bljeskalicom. To je svakako pridonijelo kvaliteti fotografija u uvjetima slabog osvjetljenja. Ovaj model je nastavio tradiciju osvajanja nagrada te je tako ponio titulu *2008 TIPA award for Best Imaging Device*. [12] Nokia N82 je smatrana najboljim mobitelom sa fotoaparatom na tržištu u to vrijeme i postao je mjerilo modelima koji dolaze.

Nakon toga kao da je Nokia povukla kočnicu. Dostigli su vrh i put prema dalje nije bio sasvim jasan. Godinu dana nakon izlaska modela N95 8 GB je stigao njegov nasljednik – Nokia N96. No nekih bitnih novosti nema, kao da se radi o istom mobitelu u novom ruhu. Interna memorija je porasla sa 8 na 16 gigabajta i mobitel je imao dvostruku LED bljeskalicu. [10] Nedovoljno da bi ljudi sa starog modela prešli na novi. Novi modeli su dolazili, ali nisu donosili velike pomake, sve je bilo već viđeno. Pokušala je Nokia i sa mobitelima koji su imali ekran osjetljiv na dodir, no ne sa pretjeranim uspjehom. U biti je nova generacija pametnih telefona sa ekranom osjetljivim na dodir u početku unazadila mobilnu fotografiju. Tako je model 5800 koji se trebao suprotstaviti iPhoneu imao fotoaparat rezolucije od samo 3.15 megapiksela. Nokia N97 (isto

sa ekranom osjetljivim na dodir) je izašla u lipnju 2009. godine i imala je isti fotoaparata kao i N95. Radi se o periodu od dvije godine bez nekog napretka što se fotoaparata tiče. Nokia je ostala vjerna svojem Symbian OS-u kojeg je prilagodila ekranima osjetljivim na dodir.

U gotovo isto vrijeme kada je izašla Nokia N97, na tržište je stigla i Nokia N86 8MP. Bio je to u neku ruku pravi nasljednik Nokije N95. Mobitel je imao istu konstrukciju sa dvostrukim kliznim mehanizmom kao i N95. Riječ je o prvom Nokijinom modelu sa senzorom rezolucije 8 megapiksela koji daje slike rezolucije 3264x2448 piksela. Osim povećanja broja piksela na senzoru, ovaj mobitel donosi još i promjenjiv otvor objektiva (eng. *aperture*). Radi se o tri stupnja otvora objektiva: F/2.4, F/3.2 i F/4.8. [10] Nažalost, ovo se nije moglo ručno namještati, nego je to određivala automatika. Leća ovog mobitela je bila nešto šireg kuta od standardnih (35mm) i njena žarišna duljina iznosi ekvivalent 28mm u 35mm formatu. To donosi otprilike 20 posto veći kut prikaza u tražilu. Mobitel je imao AMOLED (*Active Matrix Organic Light-Emitting Diode*) ekran već standardne rezolucije 240x320 piksela i 16 milijuna boja. Ovim modelom si je Nokia priskrbila nagradu *2009 TIPA award for Best Imaging Device* i tako okrunila četverogodišnju dominaciju. [12]

Problem kod pametnih telefona sa ekranom osjetljivim na dodir i razlog zašto su oni krenuli tako rezervirano sa kvalitetom fotoaparata jest njihova debljina. Nakon dolaska takvih (*touchscreen*) mobitela na tržište, proizvođači su krenuli sa bitkom tko će izbaciti tanji mobitel na tržište. Senzori su prilično tanki i njihovim povećanjem oni rastu samo u širinu i visinu (dvodimenzionalno). Usporedno sa povećanjem senzora treba podići i kvalitetu leća (objektiva). Njih nije moguće samo u širinu i visinu povećati, one rastu i u treću dimenziju što ovakva vrsta mobitela ne može podnijeti. Unatoč tome Nokia 1. listopada 2010. godine na tržište izbacuje model N8. Taj model donosi do sada neviđene dimenzije senzora u mobitelu koje iznose 1/1.83" sa 12 megapiksela. Fotografije su rezolucije 4000x3000 piksela. Veličina piksela na senzoru iznosi 1.75 μm . Tu su naravno i Carl Zeiss optika sa autofokusom, ksenonska bljeskalica, prepoznavanje lica, snimanje videa u rezoluciji 720p i ND filter. [10]

Neutral Density filter je tamni filter neutralne (sive) boje koji se u fotografiji koristi kako bi smanjio količinu svjetla koja pada na senzor. Reduciranje svjetla koje ulazi u objektiv može imati mnogo primjena u praksi – npr. omogućuje produženje vremena okidanja za postizanje zanimljivih efekata na fotografiji ili postizanje male dubinske oštine pri jakom svjetlu, pri kojem bi inače otvor objektiva morao biti poprilično zatvoren. Nokia je ovako veliki senzor uspjela ugraditi u mobitel prilično kompaktnih dimenzija i debljine od 12.9 milimetara. Mobitel je imao aluminijsko kućište te je bio lagano zadebljan u području fotoaparata što je vidljivo na slici 9. [11]



Slika 9. Nokia N8 ima zadebljanje oko fotoaparata radi velikog foto senzora
Izvor: <http://www.sigmaspy.com/>

Ekran je bio AMOLED dijagonale 3.5 inča, rezolucije 360x640 piksela i osjetljiv na dodir. Nokia N8 je prva donijela novu verziju OS-a, Symbian^3. Mobitel je dolazio sa 16 gigabajta interne memorije proširive sa microSD memorijskim karticama. Internetski portal Techradar je ovaj model proglasio

najboljim mobitelom sa fotoaparatom na tržištu 2010. i 2012. godine. [12] Ovim mobitelom se Nokia jako približila kompaktnim digitalnim fotoaparatom. GSMArena, jedan od najpopularnijih portala o mobitelima, je napravila test u kojem su Nokiji N8 suprotstavili Samsungov konkurentni model M8910 Pixon12 i kompaktni Sonyjev digitalni fotoaparat DSC-HX5v Cyber-shot. Čitateljima su ponudili niz testnih fotografija ova tri modela kako bi mogli glasati koje su fotografije bolje. Čak 161 čitatelj je stavio Nokijine fotografije na prvo mjesto, slijedio je Sony sa 32 glasa, dok je Samsung odnio 24. Čitatelji su na raspolaganju imali jedan dan za glasanje. Tako je po glasovima čitatelja Nokia pomerala konkurenciju. [10] Najveća mana Nokije N8 je bio njen zastarjeli OS. Symbian se ni u najnovijoj inkarnaciji nije mogao nositi sa konkurencijom kakva su bili iOS i Android.

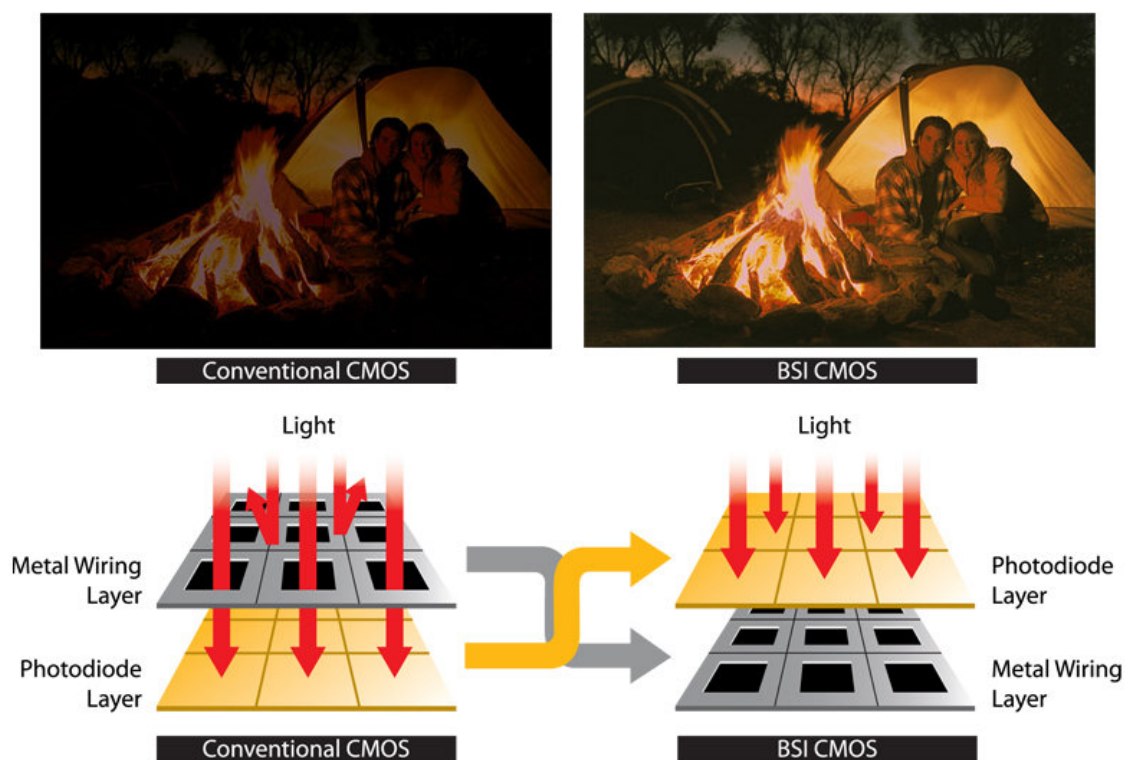
Zbog toga se Nokia okrenula novoj Microsoftovoj Windows Phone platformi. Tu je Nokia predstavila i svoj novi *brand* Lumia. Microsoft je u početku dosta ograničio tehničke specifikacije za njihovu platformu, tako da je bilo nekoliko modela (npr. Lumia 800) sa fotoaparatom rezolucije uobičajenih 8 megapiksela, Carl Zeiss optikom itd. U lipnju 2012. godine je Nokia na tržište izbacila i nasljednika Nokije N8. Riječ je o jednom od posljednjih mobitela koji su bili pogonjeni Symbian OS-om. Nokia 808 PureView (slika 10) je dobrano uzdrmla tržište kada je najavljena. [13] Veličina senzora koji je Nokia ugradila u ovaj model je iznosila nezamislivih 1/1.2". I dan danas je to najveći senzor ugrađen u mobitel, vjerojatno će tako i ostati. Senzor je i do četiri puta veći od onih koji se ugrađuju u kompaktne fotoaparate. Ugradnja tako velikog senzora u mobitel povukla je za sobom i neke negativne posljedice. Debljina mobitela je iznosila 13.9 milimetara, te čak 17.95 milimetara na zadebljanju oko fotoaparata. Ovo je prvi mobitel koji donosi Nokijinu PureView Pro tehnologiju. O samoj tehnologiji i onome što ona donosi će biti riječi kasnije. Osim veličinom senzora, Nokia je iznenadila i njegovom rezolucijom koja iznosi 41 megapiksela od čega je 38 efektivno. Veličina piksela iznosi 1.4 μm , što je manje od prethodnika. Razlog tomu je puno veći broj piksela na senzoru. Maksimalna rezolucija fotografija je 7152x5368 piksela. Ekran je porastao u odnosu na prethodnika na 4 inča uz istu rezoluciju kao kod prethodnog modela. Interna memorija je ostala ista kao i

na Nokiji N8, ali se udvostručio broj RAM-a na 512 megabajta. Tu je i Carl Zeiss optika, ksenonska bljeskalica, ND filter i druge stvari već viđene na prethodniku. Mobitel ima LED bljeskalica koja služi za pomoć pri izoštravanju i kao izvor svjetla pri snimanju videa. Nokia 808 ima mogućnost snimanja u punoj HD rezoluciji (1080p). Ovaj model je osvojio mnoge nagrade: *Best New Mobile Handset, Device or Tablet at Mobile World Congress 2012, Gold Award by Digital Photography Review...* [12] GSMArena je ponovno provela sličan test kao i sa N8. Ovaj put je konkurencija bila i žešća, te su se uz Nokiju 808 PureView u njemu našli: Nokia N8, HTC One X, iPhone 4S, Samsung Galaxy S III i Olympus E-PL2. Nokia 808 je uvjerljivo potukla konkurenciju sa 570 glasova. Slijedi Olympus sa 243, iPhone sa 56, Samsung 39 i Nokia N8 sa 5 glasova. HTC One X nije dobio niti jedan glas. [10] Impresivni su ovo rezultati za Nokiju 808. Ovo je velik, vjerojatno i najveći korak naprijed u razvoju mobilne fotografije. Negativne stvari ovog mobitela su njegova veličina (debljina) i težina, te zastarjeli Symbian OS sa limitiranom podrškom.



Slika 10. Nokia 808 ima najveći senzor ugrađen u mobilni uređaj
Izvor: <http://mobilne-telefony.heureka.sk/>

Pošto je Symbian već bio na izdahu, postavilo se pitanje da li će Nokia nastaviti sa razvojem svoje PureView tehnologije i s ugradnjom velikih senzora u mobitele. Prvi odgovor Nokije je bila Lumia 920. Počeo se prodavati u studenom 2012. godine pod sloganom: „Najinovativniji pametni telefon na svijetu“. Bio je to popularan mobitel, koristio je i PureView tehnologiju. Veličina senzora, a samim time i količina piksela je područje u kojem je ovaj model zakazao. Veličina senzora je malih 1/3.2" ukoliko je usporedimo sa modelom 808 ili čak N8. Rezolucija senzora iznosi 8.7 megapiksela, što je opet veliki korak u nazad. Veličina pojedinog piksela iznosi 1.4 μm . Lumia 920 je donijela optičku stabilizaciju slike (eng. *optical image stabilization*, OIS) i bolje rezultate u uvjetima slabog osvjetljenja zahvaljujući BSI (*back-illuminated sensor*) senzoru. BSI senzor koristi novu raspodjelu foto elemenata kako bi se povećala količina uhvaćene svjetlosti što možemo vidjeti na slici 11. [14]



izvor: <http://www.amazon.com>

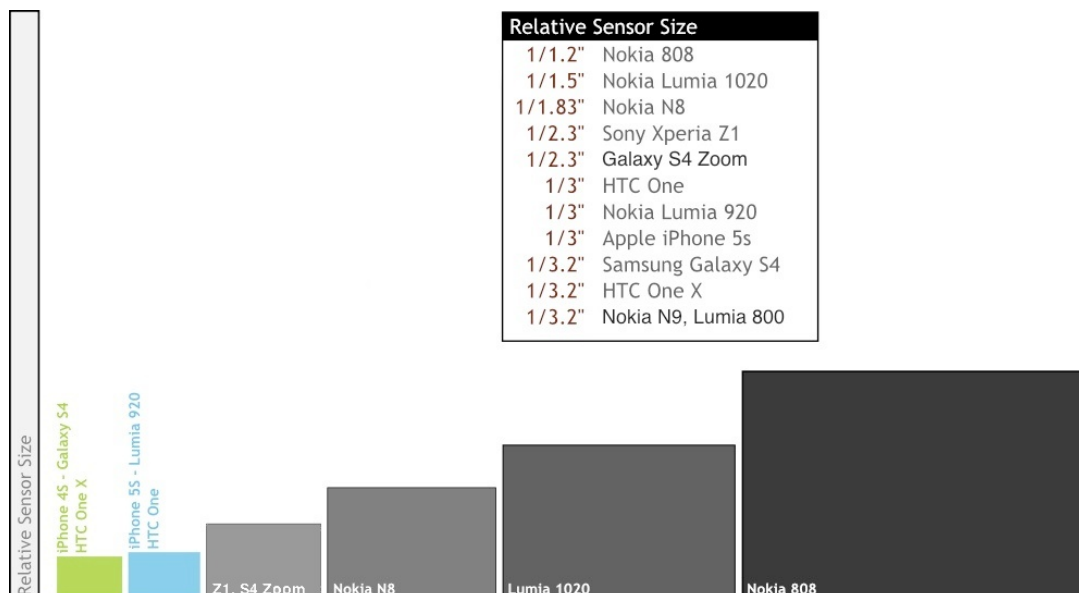
Ubrzo se Nokia vratila velikim sensorima, te je u srpnju 2013. godine predstavila model Lumia 1020. Riječ je o pravom nasljedniku Nokije 808 sa

Windows Phone OS-om. Mobitel koristi PureView tehnologiju, a BSI CMOS senzor ima maksimalnu rezoluciju od 41 megapiksela. Veličina senzora je nešto manja u odnosu na Nokiju 808 te iznosi i dalje impresivnih 1/1.5". Pikseli su veličine 1.12 μm . Uz to je Lumia 1020 (slika 12) zadržala i optičku stabilizaciju slike kao i na modelu Lumia 920. [15] Nešto manji senzor je omogućio i da uređaj bude tanji od modela 808 pa njegova debljina iznosi 10.4 mm i 14.5 mm kod zadebljanja oko fotoaparata što je ipak prihvatljivije od prethodnika. Nadogradnjom *firmwarea* iz siječnja ove godine Nokia je dodala neke nove mogućnosti uključujući bolje procesiranje slika i mogućnost snimanja u RAW formatu. [10] Nisu BSI senzor i stabilizacija slike jedine prednosti nad Nokijom 808. Tu je i moderan OS, dvojezgreni procesor (808 ima procesor sa jednom jezgrom) i četiri puta više RAM-a (2 gigabajta) što omogućuje brži rad. Windows Phone donosi i veću podršku aplikacijama od sada već mrtvog Symbiana. Lumia 1020 ima i veći ekran dijagonale 4.5 inča sa većom rezolucijom koja iznosi 1280x768 piksela (334 ppi). Interna memorija iznosi 32 gigabajta, ali nije proširiva memorijskim karticama. Tu su već kao standard kod Nokije i Carl Zeiss optika te ksenonska i LED bljeskalica. Nokia je imala namjeru napraviti najbolji mobitel fotoaparata i u svojoj namjeri je uspjela. Ovim modelom je zasjele na tron i na konkurenciji je da učini sve kako bi je zamijenili na vrhu.



Slika 12. Lumia 1020 ima najbolji fotoaparata među mobitelima
Izvor: <http://www.technave.com/>

Poslije Lumije 1020 Nokia je izbacila još poneki model vrijedan spomena kao npr. Lumia 1520 ili Lumia 930 (nasljednik Lumije 920). Što se fotoaparata tiče, ova dva modela su identična, razlika je samo u dijagonali ekrana. Lumia 1520 ima dijagonalu ekrana od 6 inča i spada u phablet (*phone + tablet*) kategoriju uređaja, dok Lumia 930 ima dijagonalu od 5 inča koja se nametnula kao neki standard kod današnjih top modela. Oba ekrana imaju punu HD rezoluciju prikaza (1920x1080 piksela) što kod Lumije 930 rezultira gustoćom piksela od 441 ppi. Senzor je veličine 1/2.5" što je i dalje veće od većine konkurentskih. Rezolucija senzora iznosi 20 megapiksela što daje fotografije maksimalne rezolucivosti 4992x3744 piksela. Veličina piksela je jednaka kao na Lumiji 1020 i iznosi 1.12 μm . Oba modela dolaze sa PureView tehnologijom, Carl Zeiss optikom, optičkom stabilizacijom slike i dvostrukom LED bljeskalicom. U skladu sa standardima i konkurencijom, oba mobitela imaju četverojezgrene procesore. Novost je i mogućnost refokusiranja fotografija nakon što smo fotografiju uslikali. To radi na principu da mobitel uslika nekoliko fotografija sa drugim točkama izoštravanja te se one kasnije mogu interaktivno mijenjati ili se može cijela fotografije izoštriti. Ovakve fotografije se lako mogu dijeliti, čak i Facebook ima podršku za njih. Na slici 13 se mogu vidjeti veličine senzora za neke popularnije modele mobitela. [16]



Slika 13. Usporedba veličine Nokijinih senzora u odnosu na konkurenciju
Izvor: <http://allaboutwindowsphone.com/>

Toliko od Nokije za sada. Teško je predvidjeti kako će se stvari dalje odvijati budući da je Microsoft potpuno preuzeo Nokiju. Možemo samo iščekivati i nadati se da će nastaviti tamo gdje su stali i da će nasljednik Lumije 1020 ugledati svjetlo dana. No tome u prilog ne idu nedavna događanja kada je Ari Partinen, Nokijin stručnjak za fotografiju i jedan od koautora PureView tehnologije, prešao iz Microsofta u Apple. [17] Treba pratiti kako će ovo utjecati na daljnji razvoj mobilne fotografije. Nokia je svakako imala glavnu ulogu u tom razvoju do sada. Možda nisu uvijek bili u svemu prvi, ali su uvijek sve dizali na novi nivo čemu je uvelike pomogla i popularnost Nokije u svijetu. Nažalost, nekim lošim strateškim potezima je Nokia dovedena u situaciju da je Microsoft preuzme. Prvo dugo nisu htjeli odustati od svojeg Symbian OS-a, pa su Apple i Google tu puno profitirali sa svojim iOS-om i Androidom. A kada se Nokia odlučila rastati sa Symbianom, odabrali su Windows Phone platformu čija je popularnost trenutno daleko od konkurentskih. Da je kojim slučajem Nokia odabrala Android, vjerojatno bi i danas bili jedan od glavnih igrača na tržištu pametnih mobitela. No, vidjet ćemo što će budućnost donijeti.

2.4.2. Sony Ericsson

Pitanje je dokle bi Nokia stigla da nije uvijek imala i dobru konkurenciju sa kojom se nadmetala. Sony Ericsson je nastao 2001. godine udruživanjem tvrtki Sony i Ericsson sa zajedničkim ciljem proizvodnje mobitela. U početku su oni bili glavni konkurenti Nokiji, barem što se fotoaparata u mobitelu tiče. Prvi njihov model sa fotoaparatom je bio T610 iz 2003. godine. Bio je to mali mobitel za razliku od Nokijinih pametnih telefona. No i fotoaparat je bio skroman i pravio je fotografije CIF rezolucije (288x352 piksela). [10] Tada je još bila moda da su mobiteli što manji, za razliku od danas kada se mobiteli povećavaju zajedno sa dijagonalom ekrana. Tako je i Sony Ericsson sa svojim pristupom imao dosta udjela u tržištu.

Sony Ericsson je također imao modela sa Symbian operativnim sustavom. Prvi takav je model P900 iz 2003. godine. Fotoaparat na ovom

modelu je pravio fotografije VGA rezolucije (640x480 piksela). Ekran je bio osjetljiv na dodir, rezolucije 208x320 i 2.9 inča dijagonale. Interna memorija je iznosila 16 megabajta proširivih sa Sonyjevom memorijskom karticom Memory Stick Duo. Iduće godine je stigao i nasljednik P910 koji i nije donio neke velike novosti što se fotografije tiče.

Prvi značajniji Sony Ericssonov model u svijetu mobilne fotografije je K750i prikazan na slici 14. [18] Predstavljen je u lipnju 2005. godine. Ovaj mobitel je na tržište izašao nekoliko mjeseci prije Nokije N90 i donio fotoaparatus rezolucije 2 megapiksela. Pravio je fotografije rezolucije 1632x1224 piksela. Ovaj je mobitel, kao i Nokia N90, imao autofokus i dvostruku LED bljeskalicu. Tu su i zasebna tipka za fotografiranje i aktivni, klizni poklopac na leći fotoaparata. Ekran je bio TFT rezolucije 176x220 piksela i dijagonale 1.8 inča što je bilo uobičajeno za to razdoblje. Interna memorija je iznosila 38 megabajta što se moglo proširiti Memory Stick Duo Pro memorijskim karticama. Sve ovo bilo je zapakirano u kućištu malih dimenzija. Mobitel je bio jako popularan i pravio je odlične fotografije. On je osvojio prvu nagradu *2005 TIPA award for Best Imaging Device*, taman prije nego što je počela Nokijina četverogodišnja dominacija na tim nagradama. [12] Ubrzo je izašao i model blizanac nazvan W800. U biti se radilo o istom mobitelu sa izmijenjenim dizajnom. W800 je bio brendiran kao Walkman mobitel. Walkman je Sonyjev brend koji se u originalu koristio za prijenosne uređaje koji su reproducirali glazbu sa audio kazeta.



Slika 14. Sony Ericsson K750i među prvima donosi autofokus
Izvor: <http://www.marino-bobetic.iz.hr/>

Nakon ovih modela, značajnu ulogu u razvoju fotoaparata u mobitelu je odigrao i Sony Ericsson K800i, direktan nasljednik modela K750i. Na tržište je stigao u srpnju 2006. godine i donio mnoge zanimljivosti: stabilizaciju slike, senzor rezolucije 3.2 megapiksela zajedno sa ksenonskom bljeskalicom i zaštitnim pokrovom za leću. Tu je i nova BestPic funkcija koja je omogućavala da mobitel brzo napravi devet uzastopnih fotografija kako bi korisnik poslije mogao odabrati najbolje. Ovo je prvi mobitel koji je nosio Sonyjev Cyber-shot brend što je vladljivo sa slike 15. [10] Cyber-shot je predstavljao Sonyjevu liniju kompaktnih digitalnih fotoaparata predstavljenih 1996. godine. Ime Cyber-shot se i danas koristi kod Sonyjevih kompaktnih digitalnih fotoaparata. Ekran je malo većih dimenzija od K750i te njegova dijagonala iznosi 2 inča, ali je rezolucija 240x320 piksela. Mobitel ima 64 megabajta interne memorije i prima Memory Stick Micro (M2) memorijske kartice. Sony Ericsson K800i tek je neznatno većih dimenzija od K750i. Zahvaljujući ksenonskoj bljeskalici davao je odlične fotografije u uvjetima slabog osvjetljenja. Par mjeseci kasnije na tržište je stigao model K810i koji je bio samo redizajnirana verzija ovog mobitela.



Slika 15. K800i je prvi Cyber-shot mobitel
Izvor: <http://www.gsmarena.com/>

Za sljedeći značajniji korak trebalo je pričekati nasljednika, model K850i koji je bio dostupan od listopada 2007. godine. Bio je to još jedan u nizu Cyber-shot brendiranih modela. Ovaj model se može pohvaliti CMOS senzorom koji broji 5 megapiksela. Ako uzmemo u obzir da im je glavni konkurent Nokia svoj 5 megapikselski model izbacila na tržište sedam mjeseci ranije, jasno je da je Sony Ericsson zakasnio sa izbacivanjem ovog modela. No ovaj model je ipak imao neke svoje prednosti nad glavnim konkurentom, a to je ksenonska bljeskalica. Na to je Nokia brzo odgovorila i mjesec dana kasnije na tržište je stigla Nokia N82. U odnosu na prethodnika, K850i je još donio nešto veći ekran od 2.2 inča i poboljšano snimanje video isječaka. Uz ksenonsku bljeskalicu imao je i trostruku LED lampu za snimanje videa i kao pomoć pri fokusiranju.

Točno godinu dana kasnije Sony Ericsson je ponudio svoj prvi 8 megapikselski mobitel. Riječ je o modelu C905 i to je prvi mobitel izvan Koreje koji ima 8 megapikselski fotoaparatus. Došlo je do male promjene u nazivlju Sony Ericssonovih top modela, te je tako C (Cyber-shot) zamijenilo K. Uz novi senzor C905 je donio još neke novosti kao što su A-GPS (*Assisted* GPS) i mogućnost bežičnog povezivanja putem Wi-Fi-a. [10] Čisto da se može staviti u perspektivu, Nokia je to ponudila modelom N95 godinu i pol ranije. Tu su već i sve standardne funkcije viđene na ranijim modelima kao: autofokus, ksenonska bljeskalica, 3 LED lampa za pomoć pri fokusiranju i snimanju videa, stabilizacija slike. Ugradnjom GPS prijemnika omogućeno je i geotagiranje fotografija. Od nekih novih funkcija tu su još i fokusiranje pomoću detektiranja lica (*face detection*), okidanje pomoću prepoznavanja osmijeha (*smile shutter*). Do sada su se takve stvari mogle vidjeti isključivo kod fotoaparata. Ekran je narastao dodatnih 0.2 inča, ali i dalje zadržava istu rezoluciju od 240x320 piksela. Ovaj model je zapravo vrh ponude Sony Ericssona prije nego će mobiteli s ekranom osjetljivim na dodir početi preuzimati primat.

Neki prijelazni model u to razdoblje je bio Sony Ericsson Aino. Bio je vrlo slične konstrukcije kao C905 (oba su imali klizni mehanizam), gotovo identičnih dimenzija. Glavna razlika je bila u ekranu; Aino je imao veći ekran (3 inča), nešto veće rezolucije (240x432 piksela), s mogućnošću prikaza 16 milijuna boja

te je bio osjetljiv na dodir. Što se fotoaparata tiče, nije nosio Cybershot brend, ali je posjedovao uglavnom sve kao i model C905 osim ksenonske bljeskalice. Na tržištu je bio dostupan u listopadu 2009. godine.

U isto vrijeme je na tržište došao i Sony Ericssonov pametni telefon sa Symbian OS-om, model Satio. On je imao ekran osjetljiv na dodir veličine 3.5 inča i rezolucije 360x640 piksela. Mobitel je imao 12 megapikslni senzor i pravio je fotografije rezolucije 4000x3000. Kako bi opet stavili malo u perspektivu sa glavnim konkurentom, Nokia N8 je na tržište stigla punu godinu kasnije, ali je zahvaljujući velikom senzoru ipak ona ta koja je uzela lovorike. Model C905 je zadnji koji je nosio Cyber-shot brend. Tako da unatoč tome što je ovaj model imao sve kao i neki prethodnici, nije se okitio tim nazivom. I ovaj model je imao autofokus, ksenonsku bljeskalicu, LED osvjetljenje za snimanje videa, geotagiranje fotografija, prepoznavanje lica i osmijeha, stabilizaciju slike... [10] Ovaj mobitel nije zabilježio neki značajan uspjeh, a više je razloga za to: nije bio niti prvi, a niti najbolji 12 megapikslni uređaj na tržištu; uz to je bio baziran na Symbian OS-u koji je bio na svom zalasku. Sony Ericsson je imao samo još jedan model poslije ovoga baziran na Symbian OS-u, a riječ je o modelu Vivaz. Nakon toga su prihvatili sveprisutnu Android platformu.

Kao što je već bilo pisano, novi zahtjevi tržišta (što tanji mobiteli...) su malo unazadili fotografiju u mobilnim uređajima. Veliki senzori i ksenonske bljeskalice nisu bili baš poželjni u najnovijim modelima. Tako da su top modeli imali maksimalno 8 megapikslni senzor, a i dan danas su rijetki modeli koji imaju ksenonsku bljeskalicu. S druge strane dolazi do značajnog rasta dijagonale i rezolucije ekrana. Također procesori i količina radne memorije je u znatnom porastu. Prvi i posljednji značajniji Sony Ericssonov model koji koristi Android platformu bi bio Xperia Arc sa slike 16. [19] No eto, ni on se nema čime posebno pohvaliti ako gledamo sa fotografske strane. Imao je 8 megapikslni senzor, autofokus i LED bljeskalicu. Dijagonala ekrana je narasla na 4.2 inča s rezolucijom od 480x854 piksela. Jedini aspekt u kojem su ovi modeli bili bolji od prethodnika je rezolucija snimanja video isječaka koja je iznosila 720p. Mobitel je na tržište stigao u ožujku 2011. godine. Posljednji model koji je Sony

Ericsson izbacio na tržište je bila malo ubrzana verzija ovog modela. Riječ je o Arc S modelu koji je od novosti donio samo malo brži takt rada procesora. Nakon ovog modela je Sony otkupio Ericssonov udio u zajedničkom poslu, tako da je nadalje Sony sam nastavio sa proizvodnjom mobilnih uređaja.



Slika 16. Modeli Arc i Arc S su posljednji od Sony Ericssona
Izvor: <http://www.mobihall.com/>

2.4.3. Sony

Može se reći da je Sony samo nastavio tamo gdje je Sony Ericsson stao. Tako da on igra jednu od važnijih uloga na tržištu mobilnih uređaja. Možda im je udio na tržištu kroz godine i pao, čak i nije pao koliko su se i neki drugi proizvođači proširili. No Sony je i dalje ostao jedan od važnijih kotačića na tržištu, a i uloga u razvoju mobilne fotografije je vrlo bitna. Jedan od razloga zašto su krenuli samostalno je upravo taj, da povećaju udio na tržištu.

Prvi uređaji koje Sony samostalno izbacuje na tržište u prvoj polovici 2012. godine su Xperia ion i Xperia S. Riječ je o dva slična uređaja sa 12 megapikselnim fotoaparatom, autofokusom, LED bljeskalicom, stabilizacijom

slike, geotagiranjem, prepoznavanjem lica i osmijeha, 3D panoramom... Riječ je o Exmor R™ CMOS senzoru koji omogućuje snimanje slika s velikom količinom detalja, čak i pri slabom osvjetljenju. [10] GPS prijemnik i Wi-Fi povezivost su već standardne mogućnosti za mobitele. Oba mobitela imaju mogućnost snimanja videa u punoj HD rezoluciji (1080p) te prednji fotoaparati razlučivosti 1.3 megapiksela. Oba su pogonjena dvojezgrenim procesorima radnog takta 1.5 GHz i imaju 1 gigabajt radne memorije. Dvije značajne razlike su veličina ekrana i količina unutarnje memorije za pohranu podataka. Xperia ion ima ekran dijagonale 4.55 inča, a Xperia S 4.3 inča, oba rezolucije 720x1280 piksela. Također, oba modela imaju *BRAVIA engine* za poboljšanje prikaza fotografija i videa u galeriji. BRAVIA dolazi od Best Resolution Audio Visual Integrated Architecture. Xperia S ima 32 gigabajta memorije, a Xperia ion samo 16 gigabajta, ali i mogućnost proširenja microSD karticom.

Sony Xperia T je u odnosu na Xperiu ion donijela dodatni megapiksel, tako da je senzor na ovom mobitelu imao 13 megapiksela. Rezolucija fotografija iznosi 4128x3096 piksela. Mobitel je bio promoviran i u filmu o Jamesu Bondu iz 2012. godine. Xperia V ima isti senzor kao i Xperia T. Novost koju je ovaj model donio bio je certifikat IP57. Ovaj mobitel je otporan na prašinu i vodu do 1 metra dubine i 30 minuta. Ovakva otpornost dobro dođe za slikanje u lošim vremenskim uvjetima, pa čak i za kakav izlet na bazen ili jezero. Oba modela su došla na tržište krajem 2012. godine.

Sa modelom Xperia Z Sony je pokrenuo novu seriju svojih top modela. Mobitel je na tržište stigao u veljači 2013. godine. Ovaj model je kao i Xperia V vodootporan, te ima fotoaparati rezolucije 13 megapiksela. U skladu sa trendovima i konkurencijom ovaj model donosi 5 inčni ekran pune HD rezolucije (1080x1920 piksela). Gustoća piksela na ekranu iznosi visokih 441 ppi (piksela po inču). Fotoaparati ima i sve druge mogućnosti koje su do sada već postale standard (autofokus, stabilizacija slike, geotagiranje, LED bljeskalica...), no donosi i mogućnosti snimanja HDR fotografija. [10] HDR fotografija je fotografija velikog dinamičkog raspona, odnosno High Dynamic Range fotografija. Prednji fotoaparati na ovom modelu iznosi 2.2 megapiksela i može snimati video u

1080p rezoluciji. Ovaj mobitel pokreće četverojezgreni procesor, a količina radne memorije iznosi 2 gigabajta. Memorija za pohranu podataka iznosi 16 gigabajta i moguće ju je proširiti sa microSD memorijskim karticama. Najslabija strana ovog mobitela je bio ekran koji je bio obični TFT, dok je konkurencija nudila IPS ili AMOLED ekrane. Zbog toga je kontrast prikaza na ekranu bio loš, kao i kut gledanja. Ni fotoaparatus nije pružao očekivanu kvalitetu fotografija.

Postao je nekakav trend da se novi model izbacuje svakih šest mjeseci. Nasljednik ovog modela, Xperia Z1 je na tržište stigla u rujnu iste godine i možemo je vidjeti na slici 17. [20] Ona je uglavnom ispravila sve nedostatke prethodnika. Ekran je bio iste dijagonale i rezolucije. Još uvijek se radilo o TFT ekranu, ali je uz pomoć triluminus tehnologije koju Sony koristi kod svojih televizora uvelike se smanjio jaz između ovog i konkurentskih ekrana. Ovaj model može dublje od 1 metra u vodu zahvaljujući IP58 certifikatu. Xperia Z1 je donijela i veći Exmor RS senzor u odnosu na prethodnika. Trenutno se radi o najvećem senzoru među mobitelima koji rade na Android platformi. Veličina senzora je 1/2.3" (Xperia Z je imala 1/3.06") što je otprilike 70% veća površina. Rezolucija senzora je 20.7 megapiksela koji daje fotografije maksimalne razlučivosti 5248x3963 piksela. Maksimalnu rezoluciju moguće je postići samo u manualnom modu rada. Dok se sa Superior Auto modom (automatski mod rada) dobiju fotografije rezolucije 8 megapiksela. Ovdje se radi o sličnoj tehnologiji koju Nokia koristi kod Lumije 1020. Kao odgovor na Nokijino ugrađivanje Carl Zeiss optike, Sony je u ovom modelu ponudio svoje G leće i BIONZ procesor za procesiranje fotografija. Tako je Sony ovaj svoj top model opremio sa najnovijom tehnologijom koju je mogao ponuditi. Ovaj mobitel je jedan od rijetkih danas koji ima zasebnu, dvostruku tipku za okidanje fotografija. Mobitel je napravljen od premium materijala. Osnova je iz jednog komada aluminijsa sa staklom naprijed i otraga. Par mjeseci kasnije Sony je na tržište izbacio i kompaktnu verziju ovog modela koja je konačno donijela i dugo očekivani IPS ekran. Dijagonala ekrana je smanjena na 4.3 inča, a Sony je i u takvom, kompaktnijem, kućištu uspio zadržati sve tehnološke značajke većeg modela. Konkurentski mini modeli obično imaju slabije procesore i manje radne memorije, te slabije senzore u fotoaparatusima.



Slika 17. Xperia Z1 donosi novi i veći Exmor RS senzor
Izvor: <http://www.techspot.com/>

Aktualni Sonyjev najjači model nosi naziv Z2 i na tržište je stigao u travnju 2014. godine. Nema nekih velikih promjena u odnosu na Z1. Ekran je IPS dijagonale 5.2 inča. Od drugih poboljšanja još donosi dodatni gigabajt radne memorije koja sada iznosi 3 gigabajta i mogućnost snimanja videa u 2160p rezoluciji. Ostalo je sve isto kao i kod prethodnika.

2.4.4. Samsung

Samsung je također bio jedan od glavnih konkurenata Nokiji u doba kada je ona vladala tržištem, a danas se može reći da je Samsung naslijedio Nokiju u toj ulozi. Samsung je tada, a slično je i danas, uvijek imao jako puno sličnih modela na tržištu. Vjerojatno bi potrajalo da se samo nabroje svi Samsungovi modeli sa fotoaparatom, zato će biti spomenuti samo oni bitni i najpopularniji modeli.

Samsung je imao cijeli niz uglavnom preklopnih (kod Samsunga je bila vrlo popularna ovakva konstrukcija mobitela u to doba) modela sa fotoaparatom CIF (352x288 piksela) i VGA (640x480 piksela) rezolucije. Prvi

zapaženiji model sa senzorom od 1 megapiksela bio je D710. On je kao i mnogi Nokijini modeli iz tog razdoblja bio baziran na Symbian OS-u. Rezolucija fotografija je iznosila 1152x864 piksela. Mobitel je posjedovao LED bljeskalicu i memorija mu je bila proširiva RS-MMC memorijskim karticama. Na tržištu se pojavio u prvoj polovici 2004. godine. [10]

Krajem iste godine Samsung izbacuje i vrlo popularni model SGH-D500. On je donio 1.3 megapikselsni fotoaparatus. Maksimalna rezolucija fotografija iznosila je 1280x1024 piksela. Sve to je bilo upakirano u zgodno klizno kućište sa lijepim ekranom rezolucije 176x220 piksela. Ovaj telefon nije bio pametni telefon, tj. nije bio baziran na Symbian OS-u. Zato je nasljednik modela D710 nazvan D720 donio ovu poboljšani fotoaparatus u odnosu na prethodnika u prvom kvartalu 2005. godine.

U prvom kvartalu 2005. godine je Samsung predstavio model SGH-D600 koji donosi senzor od 2 megapiksela (fotografije 1600x1200 piksela) i veću rezoluciju ekrana. Ona sada iznosi 240x320 piksela, što je zamjetan napredak. No mobitel ipak nije stekao popularnost kakvu je imao prethodnik. Godinu dana kasnije stižu i prvi uređaji sa senzorom od 3.15 megapiksela koji su pravili fotografije maksimalne razlučivosti 2048x1536 piksela. Model Z710 je bio preklopni mobitel i njegov ekran se mogao zarotirati. Još jedna novost ovog modela je autofokus. Nešto kasnije je stigao i model D870 koji ima isti senzor kao i Z710, ali ima klizni mehanizam. No on nije imao autofokus.

Prvi Samsungov model koji je probio granicu od 5 megapiksela bio je G600. Predstavljen je bio u srpnju 2007. godine. Maksimalna rezolucija fotografija je iznosila 2592x1944 piksela. Mobitel je uz autofokus i LED bljeskalicu donio i stabilizaciju slike. Puno je zanimljiviji bio model G800 sa slike 18, koji je na tržište stigao u prosincu 2007. godine. [21] Bio je to Samsungov odgovor na Nokijine odlične modele N95 i N82. Mobitel je ponudio 5 megapikselsni senzor zajedno sa autofokusom, ksenonskom bljeskalicom, trostrukim optičkim zumom i prepoznavanjem lica. Mobitel je izgledom i kliznim mehanizmom bio vrlo sličan Nokiji N95. Unutarnju memoriju od 160 megabajta moglo se proširiti sa microSD memorijskom karticom. Može se reći kako je ovo

zapravo kompaktni digitalni fotoaparati sa mogućnošću telefoniranja. Četiri mjeseca kasnije stigao je i model G810 koji je sve ovo ponudio na Symbian operativnom sustavu. Dodavanje optičkog zuma kod tako malog foto senzora i malih leća je nažalost dovelo i do toga da su fotografije bile lošije kvalitete od konkurencije bez zuma.



Slika 18. G800 je Samsungov odgovor na Nokiju N95
Izvor: <http://www.swotti.com/>

Samsung je svijetu predstavio prvi mobitel sa fotoaparatom od 8 megapiksela u rujnu 2008. godine. [22] Riječ je o modelu i8510 INNOV8 koji se bazirao na Symbian platformi. U to doba bio je to najnapredniji uređaj. Maksimalna rezolucija fotografija je iznosila 3264x2448 piksela. Tu su i sve već standardne funkcije kao autofokus, dvostruka LED bljeskalica, geotagiranje, prepoznavanje lica i osmijeha, stabilizacija slike... Kao odgovor na Nokijino ugrađivanje Carl Zeiss optike, Samsung je na ovaj uređaj ugradio Schneider Kreuznach optiku. Riječ je o poznatom proizvođaču fotografskih leća i objektivu. Interna memorija je iznosila 8 ili 16 gigabajta uz dodatak microSDHC memorijskih kartica. Mobitel je imao mnoge mogućnosti manualnog podešavanja, kao npr. ISO, bijeli balans, oštrinu, zasićenost i kontrast.

Fotografije koje je pravio ovaj mobitel su bile odlične kvalitete. Model INNOV8 se može vidjeti na slici 19. [23] Po izgledu i konstrukciji ovaj je model bio vrlo sličan Nokijinoj N seriji uređaja. Sve to nije bilo dovoljno da bi ovaj model ostavio dublji trag na tržištu. Razlog tomu su mnogi nadolazeći uređaji sa ekranom osjetljivim na dodir koju su bili sve popularniji.



Slika 19. Model INNOV8 donosi senzor od 8 megapiksela i Schneider Kreuznach optiku
Izvor: <http://annikarei.wordpress.com/>

To su i oni sami uvidjeli te je već u studenome na tržištu bio i model M8800 Pixon koji je imao isto 8 megapikselski senzor, ali nije imao sve mogućnosti kao i8510. Ni kvaliteta fotografija nije bila na razini prethodnog modela. Najveće kritike ovaj model je trpio zbog nedostatka mogućnosti spajanja putem WiFi-a. Samsung i8910 Omnia HD je još jedan model sa ekranom osjetljivim na dodir. Temeljio se na Symbian operativnom sustavu i imao fotoaparata rezolucije 8 megapiksela. Ovo je prvi mobitel sa mogućnošću snimanja videa u HD rezoluciji. [10] Doduše, ne radi se o punoj HD rezoluciji nego 720p. Mobitel je imao i odličan AMOLED ekran rezolucije 360x460 i dijagonale 3.7 inča. Na tržištu se pojavio u svibnju 2009. godine.

Nasljednik M8800 Piona je donio senzor rezolucije 12 megapiksela. Riječ je o modelu M8910 Pixon12 iz kolovoza 2009 prikazanom na slici 20. [24] Godine kojeg se može vidjeti na slici. Mobitel je imao široku 28mm leću, te je uz LED imao i ksenonsku bljeskalicu. Od mogućnosti koje su nudili prethodni Samsungovi modeli, Pixon12 jedino nije mogao snimati video u HD rezoluciji. Slično kao Nokia N86, ovaj mobitel je isto ponudio promjenjiv otvor objektiva, ali samo u dva stupnja (F/2.64 i F/3.61). [10] Ekran je bio rezolucije 480x800 piksela i dijagonale 3.1 inča što je rezultiralo zavidnom gustoćom piksela od 301 ppi. Samsung ponovno koketira sa digitalnim fotoaparatom kada je na modelu W880 AMOLED 12M uz 12 megapikselsni senzor ugradio i ksenonsku bljeskalicu te trostruki optički zum. Mobitel je bio dostupan samo u Koreji u listopadu iste godine.



Slika 20. M8910 ima promjenjiv otvor objektiva i rezoluciju od 12 megapiksela

Izvor: <http://www.hungamaonline.net/>

Dva mjeseca ranije, u lipnju 2009. godine, Samsung je na tržište izbacio prvi model iz trenutno svoje najpopularnije Galaxy serije uređaja. Prva dva uređaja iz serije nisu bili pretjerano popularni ni dobri modeli. Samsung Galaxy i Galaxy S su oba imala 5 megapikselsni fotoaparatom prosječne kvalitete. Uz to Galaxy S nije imao čak ni LED bljeskalicu. Model koji je donio planetarnu popularnost seriji Galaxy je Galaxy S II iz travnja 2011. godine. Što se fotografije tiče, ni taj model nije donio nikakve novosti. Imao je senzor od 8

megapiksela, autofokus i LED bljeskalicu. No u odnosu na prethodnike iz iste serije, napredak je bio očit. Mobitel je imao dvojezgreni procesor i 1 gigabajt radne memorije što je omogućilo snimanje videa u punoj HD razlučivosti. Prednji fotoaparata na ovom modelu je bila rezolucije 2 megapiksela. Ovaj model je ponudio vrlo dobre fotografije svojim korisnicima i bio je najkompletniji mobitel u to doba (svakom od konkurenata je nešto falilo), tako da je stekao veliku popularnost. Galaxy S II prikazan je na slici 21. [25]



Slika 21. Popularni Galaxy S II
Izvor: <http://mob.hr/>

Tako je Galaxy S II postavio visoku ljestvicu za konkurenciju, ali i za svog nasljednika koji na tržište dolazi u svibnju 2012. godine. Galaxy S III je ispunio sva očekivanja. U skladu sa trendovima, donio je veći ekran (4.8 inča u odnosu na 4.3) veće rezolucije (720x1280 piksela u odnosu na 480x800). Mobitel je pokretan četverojezgrenim procesorom (povećanje broja jezgri još je jedan trend kod mobilnih uređaja trenutno). Što se fotoaparata tiče, nekih velikih novosti nije bilo. Galaxy S III je donio mogućnost istovremenog snimanja videa i slikanja fotografija, a to je bilo već prije viđeno kod konkurencije. Puno se radilo

i na brzini rada fotoaparata, tako da je paljenje aplikacije za okidanje fotografija, a i samo okidanje sada puno brže. Postoji i mogućnost nazvana *Best photo* koja okida 8 fotografija u kratkom vremenu od koji mobitel sam odabere najbolju (gdje se ljudi smiju, nitko ne žmiri...). Mobitel je u mogućnosti snimiti 3.3 slike u sekundi pri punoj rezoluciji. [10] Glavni nedostatak ovog uređaja bio je relativno „plastičan“ i jeftin osjećaj u ruci koji je mobitel davao svojim korisnicima. Konkurencija je tu uglavnom bila dosta bolja.

U studenom iste godine Samsung na tržištu predstavlja model Galaxy Camera GC100 sa slike 22. [26] Može se reći da je zapravo riječ o kompaktnom digitalnom fotoaparatu temeljenom na modelu Galaxy S III. Galaxy Camera ima sve značajke ovog mobitela, osim mogućnosti razgovaranja. Foto senzor broji 16.3 milijuna piksela, a tu su i 21x optički zum, optička stabilizacija slike i ksenonska bljeskalica koja iskače po potrebi kao na kompaktnim fotoaparatom. Rezolucija fotografija iznosi 4608x3456 piksela. Veličina senzora iznosi 1/2.3". Riječ je o uređaju koji je više fotoaparatom nego mobitel, a o čemu svjedoči i njegova debljina od gotovo dva centimetra. Ovo je zanimljiva simbioza budući da korisnik može koristiti razne foto aplikacije sa Google Play Storea. Kvaliteta fotografija je ipak bila nešto ispod očekivane.



Slika 22. Galaxy Camera ima 21x optički zum
Izvor: <http://www.mobilescorner.com/>

Sljedeći model u seriji bio je Galaxy S4 koji je na tržište stigao u travnju 2013. godine. Očekivan s nestrpljenjem, mnogima je došao kao razočaranje. Gotovo identičnog izgleda kao prethodnik, samo iskusno oko može zamijetiti razliku, nije donio niti napredak u izboru materijala za izradu. Tako da je i S4 nosio prethodnikov „plastični“ osjećaj u ruci. Dijagonala i rezolucija ekrana su još malo porasle tako da se S4 može pohvaliti 5 inčnim ekranom pune HD rezolucije (1080x1920 piksela) i gustoćom od 441 piksela po inču. Ovisno o izvedbi Galaxy S4 je dolazio sa četvero ili osmerojezgrenim procesorom i 2 gigabajta radne memorije. Senzor na ovom uređaju je 13 megapikselni nešto veće površine od prethodna dva modela. Galaxy S II i S III su imali senzor veličine 1/3.2", dok je kod S4 riječ o senzoru 1/3.06". Valja napomenuti i kako Samsung ugrađuje Sonyjeve BSI-CMOS senzore, a u S4 je riječ o Sonyjevom Exmor RS™ senzoru. Fotografije koje daje Galaxy S4 su maksimalne rezolucije 4128x3096 piksela. Ovaj model je ponudio mnoge mogućnosti prilikom fotografiranja. *Dual Shot* nudi mogućnost istovremenog okidanja sa prednjim i stražnjim fotoaparatom, a dvije fotografije se kasnije ukomponiraju. *Sound & shot* nudi mogućnost snimanja zvuka uz fotografiju. [10] Zato su manualne mogućnosti podešavanja smanjene i moguće je podesiti samo ISO osjetljivost. Kvaliteta fotografija je već standardno dobra kod Samsungovih uređaja. U lipnju iste godine je Samsung predstavio Galaxy S4 zoom koji je donio isti senzor kao Galaxy Camera uz 10x optički zum i ksenonsku bljeskalicu. Na ovom uređaju se moglo i razgovarati. Bio je nešto kompaktnijih dimenzija od Galaxy Camere, ali i dalje nezgrapnan za svakodnevno korištenje kao mobitel.

Aktualni top model iz Samsunga, Galaxy S5 je na tržištu od travnja 2014. godine. Ekran je na ovom modelu porastao za neznatnih 0.1 inča u odnosu na prethodnika. I ostatak specifikacija se nije previše mijenjao. Poboljšanja u odnosu na prethodi model su u području materijala i kvalitete izrade. Po uzoru na Sonyjeve najjače modele i ovaj mobitel ima IP67 certifikat za otpornost na prašinu i vodu. Značajniji napredak je doživjeo i fotoaparat uređaja čiji ISOCELL senzor veličine 1/2.6" sada broji 16 milijuna piksela. Veličina pojedinog piksela iznosi 1.12 μm. Fotografije su maksimalne rezolucije 5312x2988 piksela, a uređaj ima mogućnost snimanja videa u 2160p razlučivosti. Stvarajući mini

barijere između ćelija senzora, novi ISOCELL senzor bi trebao upijati i do 30% više svjetla od klasičnih BSI senzora. Tako bi snimljene fotografije trebale imati manje šuma uz bolji dinamički raspon boja sa znatno realnijim prikazom. ISOCELL senzor je tanji od BSI senzora što omogućuje da uređaj bude kompaktniji i tanji. Fotoaparat Galaxyja S5 može se vidjeti na slici 23. [27]



Slika 23. Galaxy S5 ima novi ISOCELL senzor
Izvor: <http://www.samsunggalaxys5prijs.nl/>

2.4.5. Apple

Kada se priča o mobilnim telefonima i smartphone uređajima, nikako se ne može zaobići Apple i njegov iPhone. Apple je, ako ga usporedimo sa konkurencijom kao što su Samsung i Nokia, jako kratko u ovom poslu. I za razliku od spomenutog dvojca, imaju svega nekoliko uređaja s kojima sudjeluju na tržištu mobilnih uređaja. Zapravo, možemo pričati o nekoliko generacija jednog jedinog modela. Unatoč tome je Apple uspio ugrabiti veliki dio tržišnog kolača. Tako možemo pričati o iPhoneu kao jednom od najprodavanijih *gadgets* (Gadget je spravica - upravo po rječniku: domišljati mali uređaj koji obavlja jednostavnu zadaću ili trivijalni uređaj koji djeluje korisno, ali je često suvišan i/ili nepotreban [28]) ikada. U čemu je Appleova tajna? Niti su napravili prvi uređaj sa ekranom osjetljivim na dodir, niti je riječ o prvom pametnom telefonu. Prvi iPhone nije imao niti neki posebni fotoaparat, dapače imao je mnogo nedostataka... Apple je u iPhoneu uspio napraviti jedan lijepo zaokruženi uređaj

koji je korisnicima ponudio fluidan doživljaj prilikom rada. Sve što je mobitel radio, radio je brzo i efikasno. Dodajmo tu i neke stvarčice poput *pinch to zooma* (zumiranje fotografija i web stranica sa dva prsta), koji je bio dobro implementiran, i dobijemo oduševljene korisnike. Sve je to bilo smješteno u lijepo dizajnirano i tanko kućište, sa velikim ekranom na prednjoj strani. Appleov iPhone je postao pravi hit i osigurao je kompaniji novi uzlet i mnoštvo vjernih fanova. O iPhoneu kao statusnom simbolu i sociološkom fenomenu bi se mogle priče napisati.

Prvi model iPhonea na tržište je stigao u lipnju 2007. godine. Unatoč mnogim nedostacima, kao što su nedostatak GPS prijemnika, mobitel je ubrzo postao hit. Fotoaparat na prvom iPhoneu je bila daleko od onoga što je konkurencija nudila. Senzor je bio rezolucije 2 megapiksela i davao je fotografije maksimalne rezolucije 1600x1200 piksela. Fotografije koje je mobitel radio su bile blago rečeno prosječne. Mobitel nije imao niti bljeskalicu, niti autofokus, o stabilizaciji slike ne trebamo ni pričati. Štoviše, uređaj nije imao mogućnost snimanja videa. To sve očito nije pretjerano pogodilo korisnike. Oni koji su htjeli bolji fotoaparat, okrenuli su se konkurenciji. Baterija koju nije bilo moguće zamijeniti je bila još jedna od zamjerki iPhoneu baš kao i nemogućnost proširenja unutarnje memorije sa memorijskom karticom. Danas još neki proizvođači (Sony, HTC) rade mobitele kod kojih korisnik ne može izvaditi ili zamijeniti bateriju. Dijagonala ekrana prvog iPhonea je iznosila 3.5 inča uz rezoluciju od 320x480 piksela.

Niti sljedeći model iz srpnja 2008. godine, iPhone 3G nije donio neku revoluciji niti veliki napredak iako je ispravio neke nedostatke prvog iPhonea. Ekran i fotoaparat su ostali isti kao i kod prvog modela. Jedino vidljivo poboljšanje je dodavanje GPS prijemnika. Uz to je Apple izdao i novu verziju svog mobilnog operativnog sustava zvanog iOS. Zahvaljujući ugrađenom GPS prijamniku, fotografije je moguće geotagirati. Godinu dana kasnije, u lipnju 2009. godine, Apple izbacuje nadograđenu verziju iPhone 3GS. Izgledom je bio identičan modelu 3G, ali je konačno donio malo značajniji napredak. Model 3GS je imao dvostruko više radne memorije (256 megabajta) i brži procesor od

prethodnog modela što je osiguralo još brži rad mobitela. I fotoaparata uređaja je doživio značajniju nadogradnju. Senzor veličine 1/4" sada je sadržavao 3.15 milijuna piksela. Maksimalna rezolucija fotografija bila je 2048x1536 piksela. [10] Tu je konačno stigao i autofokus te mogućnost snimanja videa. No gledajući sve ovo i ono što konkurencija nudi u isto vrijeme, jasno je bilo da Apple na ovom području i dalje kaska za konkurencijom.

U lipnju 2010. godine Apple predstavlja model koji je označio i najveći korak prema naprijed u razvoju iPhonea. Riječ je o modelu iPhone 4. Ovim je modelom Apple po prvi puta predstavio svoj Retina ekran. Riječ je o IPS ekranu visoke rezolucije i gustoće piksela. Ekran je zadržao iste dimenzije, ali je rezolucija porasla na 640x960 piksela što je rezultiralo gustoćom od 330 piksela po inču. To je osiguravalo vrlo oštar prikaz fotografija i web stranica. Količina radne memorije je ponovno udvostručena i sada iznosi 512 megabajta. Također, tu je i novi procesor koji radi na taktu 1 GHz. Apple je prvi predstavio BSI foto senzor upravo u ovom uređaju. Riječ je o senzoru rezolucije 5 megapiksela i veličine 1/3.2". Veličina svakog piksela iznosi 1.75 μm , a maksimalna rezolucija fotografija je 2592x1936 piksela. Apple je konačno ugradio LED bljeskalicu u ovaj uređaj. Snimanje videa je moguće maksimalno u 720p rezoluciji. Ovo je prvi iPhone koji ima prednji fotoaparata. Sve to je upakirano u skladno dizajnirano i novo kućište. Opet je moguće pronaći uređaje koji su u nekim segmentima bolji, npr. uskoro je izašla Nokia N8 sa do tada najboljom fotoaparatom na tržištu itd., ali je Apple opet pronašao neki balans tako da uređaj sve odradi kako treba. Na unaprijeđenu verziju je ovaj puta trebalo malo više pričekati. Apple iPhone 4s je na tržište stigao u listopadu 2011. godine. On je također zadržao identični izgled kao prethodnik. Od novosti tu su dvojezgreni procesor i foto senzor od 8 megapiksela (3264x2448 piksela). Veličina senzora je ostala ista tako da je veličina piksela kod ovog uređaja nešto manja i iznosi 1.4 μm . Još neke nove mogućnosti su detekcija lica, snimanje panoramskih fotografija te snimanje videa u punoj HD rezoluciji. [10] Poboľjšano je fotografiranje u slabim uvjetima osvjetljenja i brzina okidanja. Kvaliteta fotografija je odlična zahvaljujući novom senzoru i novoj leći koja se

sastoji od pet dijelova. Od ovog uređaja Apple ugrađuje Sonyjeve fotoosjetljive senzore. [29]

Nasljednik modela 4s, iPhone 5 je ponovno donio stagnaciju na području fotografije. Od novosti se može navesti samo istovremeno snimanje HD videa i fotografiranje te prednji fotoaparatus čija rezolucija sada iznosi 1.2 megapiksela. Ostatak specifikacija je isto doživio lagana poboljšanja: ekran je nešto viši i njegova dijagonala sada iznosi 4 inča, novi i brži procesor te 1 gigabajt radne memorije. Dizajn uređaja je ostao gotovo nepromijenjen. Na tržištu se nalazi od rujna 2012. godine. Godinu dana kasnije stiže i nadograđeni model iPhone 5s. On donosi novi Sonyjev Exmor R™ CMOS senzor veličine 1/3.2". Rezolucija fotografija je ostala ista tako da je pojedini piksel sada veličine 1.5 μm. [10] Novost je i dvostruka LED bljeskalica. Na slici 24. Mogu se vidjeti modeli od prvog do iPhonea 5. [30]



Slika 24. Modeli iPhonea od prvog do iPhonea 5
Izvor: <http://utbblogs.com/>

Unatoč tome što su relativno kratko na tržištu mobilnih uređaja, ipak je i Apple dao svoj obol razvoju fotografije na mobilnim uređajima. Ponajviše se to može zahvaliti modelu iPhone 4 koji je bio najveći napredak u odnosu na prethodni model.

2.4.6. Ostali proizvođači

Od ostalih proizvođača trebalo bi spomenuti LG. LG je već dugo na tržištu te su i oni znali imati nekih zanimljivih rješenja. Nerijetko su se upustili u utrku

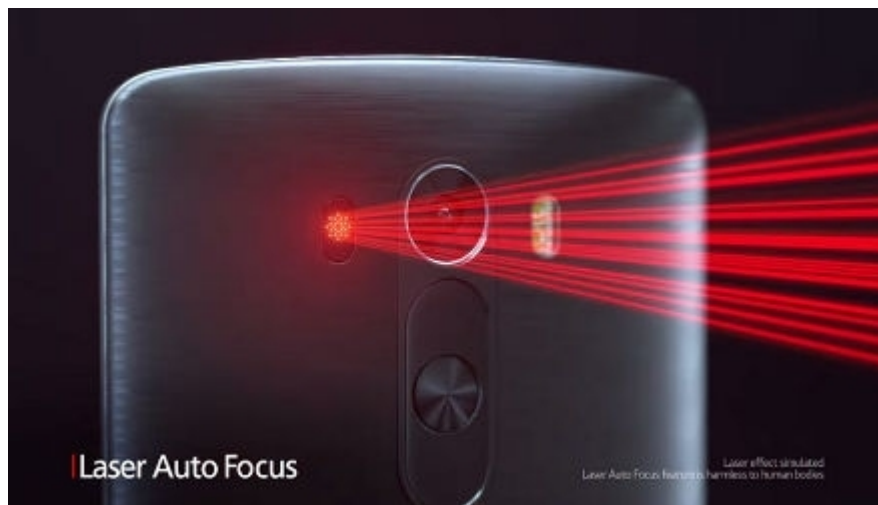
megapiksela sa većim konkurentima od sebe. Od modela koji se ističu tu su LG Viewty KU990 koji je bio LG-jev odgovor na Nokiju N95. Mobitel je imao 5 megapikslni fotoapararat sa Schneider Kreuznach optikom i ksenonskom bljeskalicom. Mobitel je čak imao pokretni prsten oko leće fotoapararata kojim se moglo upravljati sa 16x digitalnim zumom. Mobitel je imao ekran osjetljiv na dodir. Baš kao i model LG KC910 Renoir koji je imao senzor od 8 megapiksela te Schneider Kreuznach optiku i ksenonsku bljeskalicu (slika 25). [31]



Slika 25. LG KC910 Renoir sa 8 megapiksela i Schneider Kreuznach optikom
Izvor: <http://www.globalmobiles.net/>

Danas LG ima jako dobre uređaje što se fotografije tiče. LG G2 i njegov nasljednik G3 tu iskaču iz mnoštva. Oba se mogu pohvaliti 13 megapikslnim senzorom koji daje fotografije rezolucije 4160x3120 piksela, autofokusom i optičkom stabilizacijom slike. Veličina senzora kod oba modela iznosi 1/3.06". G3 ima nešto veću dijagonalu od 5.5 inča dok G2 ima 5.2 inča. No zato ima puno veću rezoluciju ekrana – 1440x2560 piksela naprema 1080x1920 kod G2.

Kad se brojke pomnože i podjele dolazi se do gustoće od nezamislivih 534 piksela po inču kod modela G3. LG G3 se može pohvaliti i laserskim autofokusom (slika 26), dvostrukom LED bljeskalicom i snimanjem videa u 2160p rezoluciji. Laserski autofokus funkcionira vrlo slično laserskim mjeračima udaljenosti koji se koriste u građevinarstvu. [32] Laserski modul emitira pulsove stožastog infracrvenog svjetla niskog intenziteta i dočekuje odbijenu zraku natrag. Uređaj tako konstantno mjeri udaljenost od objekta kojeg snimate i tako podešava fokus.



Slika 26. LG G3 je prvi mobitel sa laserskim autofokusom
Izvor: <http://www.mobileshop.eu/>

HTC je tajvanska kompanija koja se tek pojavom Android platforme ozbiljnije uključila u utrku sa velikanima. Imali su oni dosta popularnih modela poput Desirea, Desirea HD ili Sensationa. Oni su prvi uveli mogućnost istovremenog snimanja HD videa i fotografiranja sa modelom One X. Taj model je imao BSI CMOS senzor rezolucije 8 megapiksela i veličine 1/3.2". Nasljednik One X modela je digao prašinu i prije nego je službeno najavljen. Bilo je glasina kako će idući HTC-ov top model imati Sigmin Foveon X3 senzor. [10] Kada je mobitel HTC One konačno službeno predstavljen u veljači 2013. godine, te glasine su se pokazale netočnima. Senzor u tom modelu je veličine 1/3" i ima samo 4 megapiksela ili kako ih je HTC nazvao, Ultrapiksela. O Ultrapikselima i tehnologiji koja stoji iza njih će kasnije biti više riječi. Svakako treba pohvaliti odvažnost HTC-a koji se u žiži rata sa megapikselima odlučio za potpuno

drugačiju strategiju. Dok konkurencija nudi mobitele sa 13, 16 pa čak i 20 megapiksela, oni su ponudili skromnih 4 megapiksela. HTC One se može vidjeti na slici 27. [33]



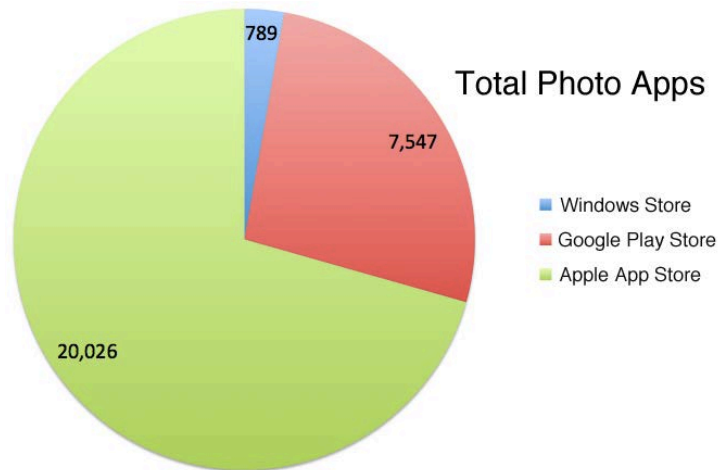
Slika 27. HTC One koristi Ultrapiksel tehnologiju
Izvor: <http://www.techradar.com/>

Nakon HTC One-a još dva modela su koristila Ultrapiksele. Riječ je o umanjenoj verziji HTC One Mini i nasljedniku i aktualnom HTC-ovom modelu One (M8). HTC One (M8) ima dvostruki 4 ultrapikselni fotoaparata. Drugi fotoaparata služi za mjerenje daljina u snimanoj sceni, kako bi se fotografije mogle naknadno refokusirati i dodavati im razni efekti. Drugi stražnji fotoaparata ima maksimalnu rezoluciju od 2.1 megapiksela. Jedna zanimljivost vezana uz ovaj model je da prednji fotoaparata ima veću rezoluciju od glavnog fotoaparata. Prednji fotoaparata ima rezoluciju od 5 megapiksela.

2.4.7. Najbolja mobilna platforma za fotografije

Poznati internetski portal za fotografiju je u ožujku 2013. napravio istraživanje koja će mobilna platforma najviše odgovarati fotografskim entuzijastima. U obzir je uzeta i kvaliteta hardvera koju nude uređaji temeljeni na određenoj platformi, ali i količina dostupnih programa i aplikacija vezanih za fotografiju. Istraživanje

je provedeno za tri najraširenije mobilne platforme: Android, iOS i Windows Phone 8. Najviše aplikacija ukupno ima na Appleovom App Storeu (789,459), a slijede ga Googleov Play Store sa (625,185) i Windows Store (41,806). Od toga je fotografski orijentirano 20,026 aplikacija na App Storeu, 7,547 na Play Storeu i samo 789 na Windows Storeu što je moguće vidjeti na slici 28. [34]



Slika 28. Broj foto aplikacija za najpopularnije mobilne platforme
Izvor: <http://connect.dpreview.com/>

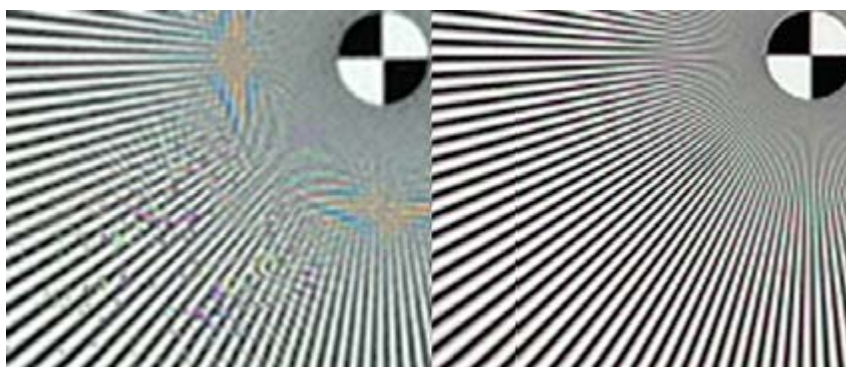
Iz ovih brojki nije teško zaključiti da sa strane softverske podrške Appleov iOS odnosi pobjedu. Android je pružio prilično dobar otpor, ali je Windows Phone platforma još u začetku. To je zapravo prava šteta budući da su neki mobilni uređaji sa najboljim fotoaparatom temeljeni upravo na Windows platformi. Android platforma nudi široku paletu odličnih uređaja što je popraćeno i zavidnom softverskom podrškom. Appleov iOS pak nudi najširu softversku ponudu, ali je zato hardverski ograničena na samo jedan uređaj. Tako da se može reći da svaka platforma ima svoje prednosti i nedostatke. Android platforma se čini kao dobar kompromis između hardvera i softvera kad pričamo o mobilnoj fotografiji.

Na ovim trgovinama se zaista svega može naći među aplikacijama: od aplikacija koje spadaju u društvene mreže za dijeljenje fotografija kao što su Flickr ili Instagram; preko raznih aplikacija za okidanje fotografija i dodavanja raznih filtara i efekata; pa sve do aplikacija koje nude veću mogućnost uređivanja fotografija kao što je Adobe Photoshop Touch.

2.5. PUREVIEW TEHNOLOGIJA

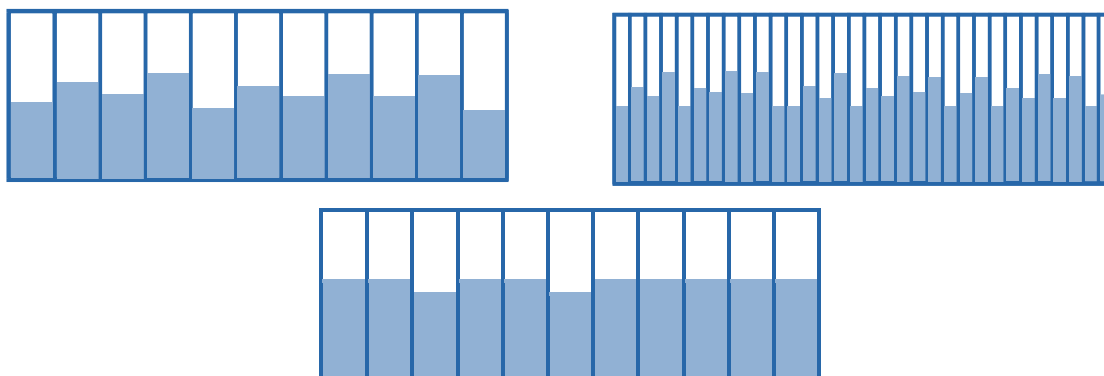
Nokia PureView označava skup tehnologija koje Nokia koristi u svojim najboljim mobitelima sa fotoaparatom. Prvi PureView mobitel je bila Nokia 808 PureView, a uz nju najbolji predstavnik je Nokia Lumia 1020. Ova dva modela još i danas predstavljaju vrhunac digitalne fotografije kod mobilnih uređaja. Posebnost ovih uređaja su veliki fotoosjetljivi senzori visoke rezolucije sa procesorom za obradu slika. On služi za skaliranje fotografija i oversampliranje (*oversampling*) te daje mogućnost zumiranja bez gubitaka. Nokia tvrdi da je ponovno izmislila zum (*zoom reinvented*). Uz to uređaji posjeduju Carl Zeiss optiku sa optičkom stabilizacijom slike i ksenonsku bljeskalicu.

Oversampliranje kombinira više piksela sa foto senzora kako bi se stvorio jedan super piksel, kako ga Nokia naziva. To omogućava da se na fotografiji zadrže svi detalji, a šum se filtrira. Fotografije tako djeluju čišće i prirodnije te daju točniji prikaz scene koju fotografiramo. Od maksimalne rezolucije senzora 38 megapiksela, prilikom oversampliranja dobijemo fotografije rezolucije 5 megapiksela. Tako je svaki od tih 5 milijuna piksela napravljen od podataka preuzetih sa sedam piksela na senzoru. To rezultira oštrim fotografijama sa malo šuma, primjer se nalazi na slici 29. [35] Prilikom okidanja fotografije, uređaj može spremiti obje: onu pune rezolucije i 5 megapikselnu. Nokia je odabrala 5 megapiksela kao granicu jer je takve fotografije lakše dijeliti putem mobilne mreže, a dovoljno je kvalitetna za ispis do A3 formata.



Slika 29. Usporedba standardne 5MP slike i oversamplirane 5MP slike

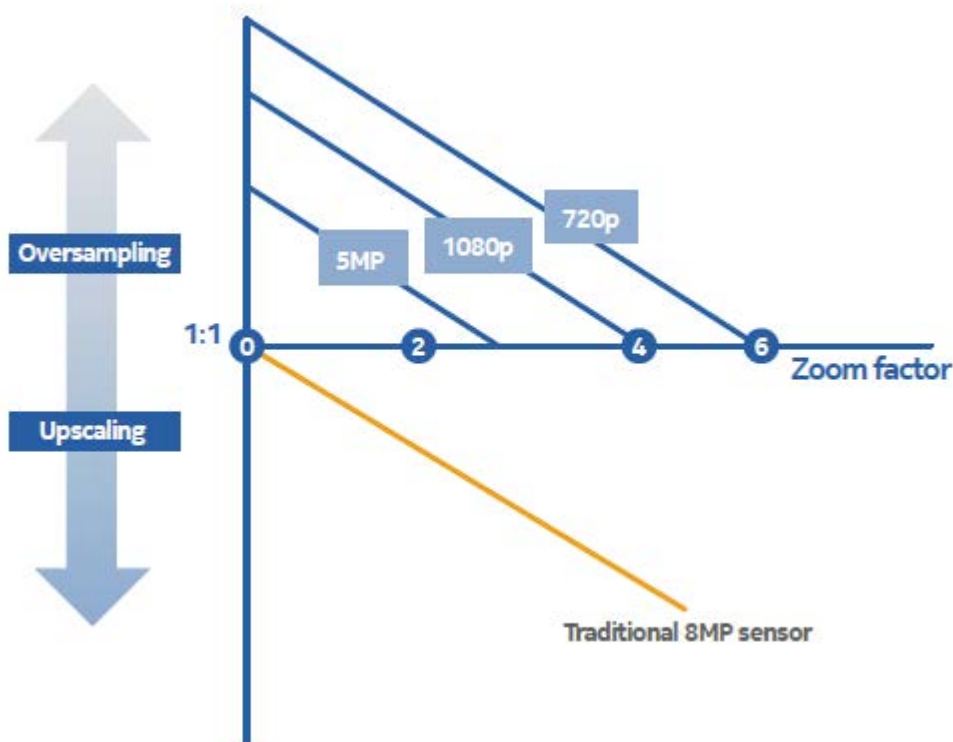
Izvor: Pushing the boundaries of digital imaging



Slika 30. Izlazni signal sa standardnog 5MP senzora, senzora visoke rezolucije i signal nakon oversampliranja *Izvor: Pushing the boundaries of digital imaging*

Na slici 30 je u prva dva slučaja vidljiv šum koji se pojavljuje kao varijacija u signalu. Treći slučaj prikazuje signal nakon oversampliranja. [35] Iz ovih ilustracija je vidljivo kako oversampliranje umanjuje količinu šuma u odnosu na standardni 5 megapikslni senzor.

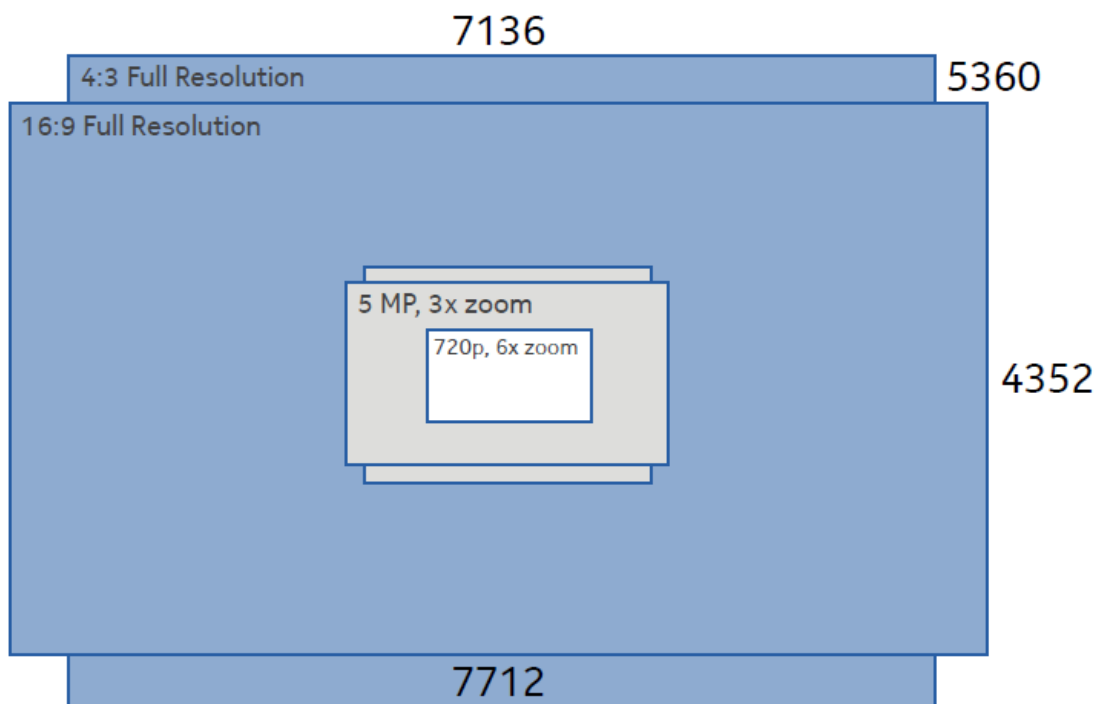
Druga prednost ove tehnologije je zum bez gubljenja na kvaliteti. Što se veći zum koristi, nivo oversampliranja pada. Pri maksimalnom dopuštenom zumu nema više oversampliranja, pa je fotografija koju dobijemo klasična 5 megapikslna fotografija. Tako jedan piksel na senzoru tvori jedan piksel na fotografiji. Može se reći da pri maksimalnom zumu samo središnjih 5 megapikslna na senzoru daje sliku. Unatoč tome što nema oversampliranja, i ovo ima svoje prednosti. To su manje geometrijske izobličenosti pošto se koristi samo središnji dio optičkog sustava.



Slika 31. Dijagram koji prikazuje mogućnosti zumiranja bez gubitka kvalitete

Izvor: Pushing the boundaries of digital imaging

Dijagram na slici 31 prikazuje mogućnosti zuma bez gubitka kvalitete. [35] Sličan efekt zumiranja možemo postići i kasnijom obradom fotografije na računaru. Jednostavno odrežemo željeni dio fotografije (uslikane na maksimalnoj rezoluciji) i dobijemo željeni efekt zumiranja. No nije loše imati ovu mogućnost i na samom uređaju, ukoliko poželimo takvu fotografiju odmah podijeliti na nekoj društvenoj mreži i slično. Ovakav zum dobro dođe i kod snimanja videa. Za snimanje videa pune HD rezolucije dovoljna su 2 megapiksela, tako da faktor zumiranja prilikom snimanja videa može biti veći nego kod fotografiranja.



Slika 32. Zum je ograničen na 3x za fotografije, 4x za video pune HD rezolucije i 6x za video 720p rezolucije *Izvor: Pushing the boundaries of digital imaging*

Ograničenja ovakve vrste zuma u određenim prilikama su prikazana na slici 32. [35]

Optička stabilizacija slike, BSI CMOS senzor i ksenonska bljeskalica obećavaju dobru kvalitetu fotografija u slabim uvjetima osvjetljenja. Ova tehnologija je osvojila nagradu *2012 TIPA award for Imaging Innovation*. U srpnju 2014. godine su Microsoft i Canon postigli dogovor o međusobnom korištenju patenata i licenci. Microsoft tako može koristiti Canonove patente i znanja za daljnje unaprjeđivanje PureView tehnologije. [10] Teško je predvidjeti što će ovaj dogovor donijeti, ali sigurno je da će pridonijeti daljnjem razvoju mobilne fotografije.

Sony također koristi oversampliranje i zumiranje bez gubitka kod svojih novih top modela (započevši sa modelom Xperia Z1). U svojem Superior Auto modu senzor od 20.7 megapiksela radi fotografije od 8 megapiksela. Dakle, riječ je o nešto manjem stupnju oversampliranja nego kod Nokije. Zum bez gubitka kvalitete kod Sonyja ide samo do faktora 1.8x.

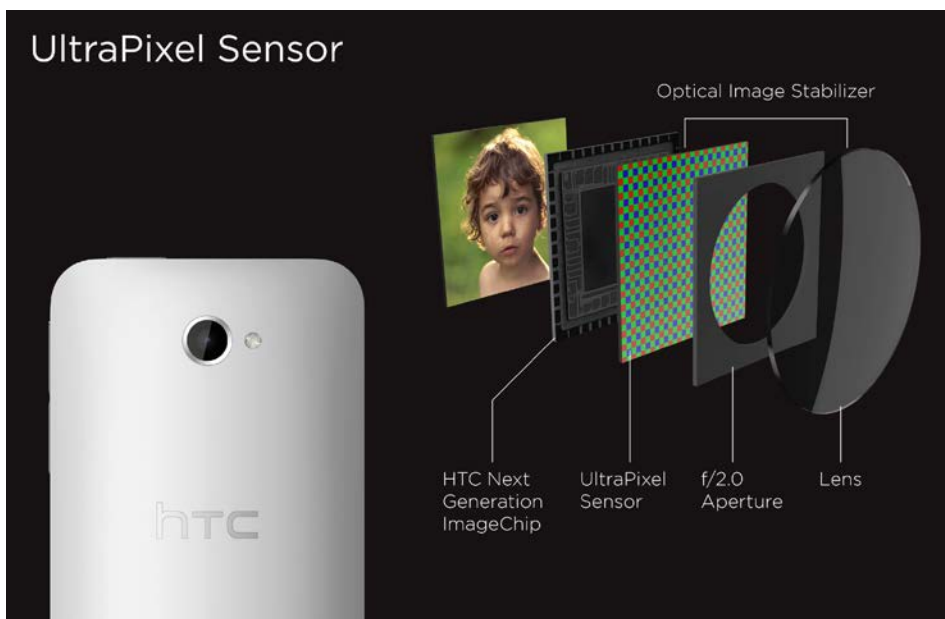
2.6. ULTRAPIKSEL TEHNOLOGIJA

HTC je svoju Ultrapiksel tehnologiju predstavio sa modelom HTC One. Za razliku od Nokije i senzora sa ogromnim brojem piksela, HTC je krenuo u potpuno suprotnom smjeru. Smanjili su broj megapiksela, a povećali površinu pojedinog piksela na senzoru. Pristup za koji oni smatraju da bi trebao pridonijeti kvaliteti fotografija kod mobilnih uređaja. Odustali su od utrke megapikselima i odlučili poboljšati fotoosjetljivi senzor, čip za procesiranje fotografija i sustav leća kako bi njihovi modeli hvatali značajno više svjetla od konkurencije sa 8 ili 13 megapiksela.

Osnovne komponente ove tehnologije su [36]:

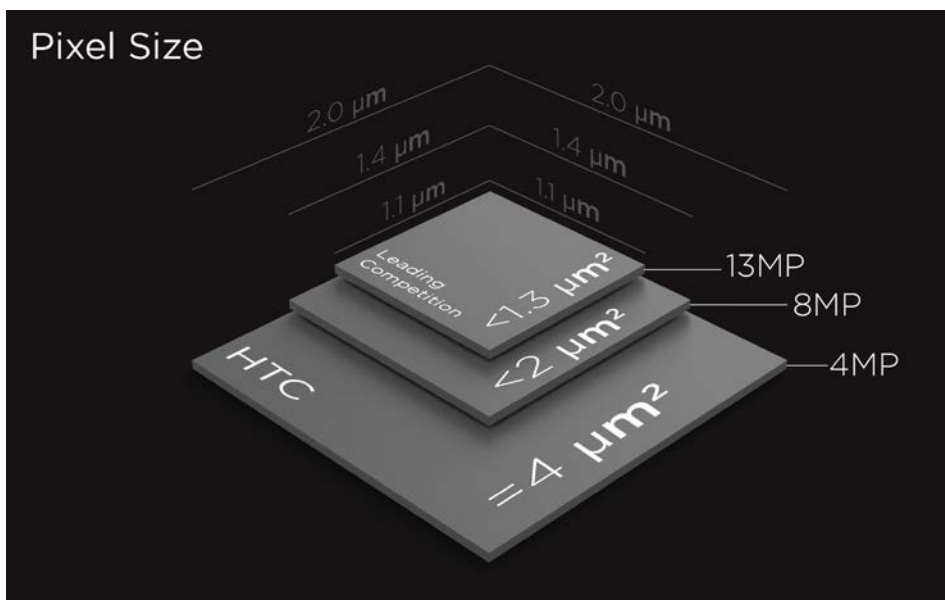
- UltraPiksel senzor – sa većim pikselima omogućava da svaki piksel uhvati 300% više svjetlosti od većine 13 megapikselnih fotoaparata
- HTC ImageChip – nudi kontinuirani autofokus, smanjenje šuma i realističniji veliki dinamički raspon
- F2.0 otvor objektiva – među najvećima u mobilnoj industriji
- Optička stabilizacija slike – uvelike smanjuje zamućenja na fotografijama

Prikaz komponenti Ultrapiksel tehnologije može se vidjeti na slici 33 na idućoj stranici. [36]



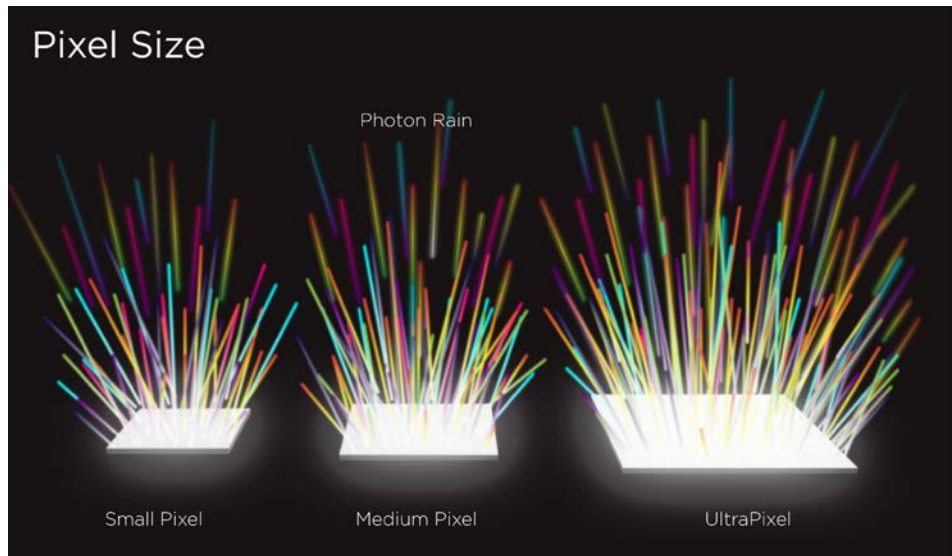
Slika 33. Osnovne komponente Ultrapiksel tehnologije
 Izvor: HTC Ultrapixel Camera

Fotoosjetljivi senzor je veličine 1/3" i ima 4 megapiksela što daje fotografije rezolucije 2688x1520 piksela. HTC smatra da je 4 megapiksela sasvim dovoljno za ovu namjenu. Veličina pojedinog piksela na senzoru iznosi 2 μ m. Ultrapiksel ima efektivno dvostruko veću površinu od tipičnog 1.4 μ m piksela kakvi su uobičajeni u 8 megapikselnim uređajima (slika 34). [36]



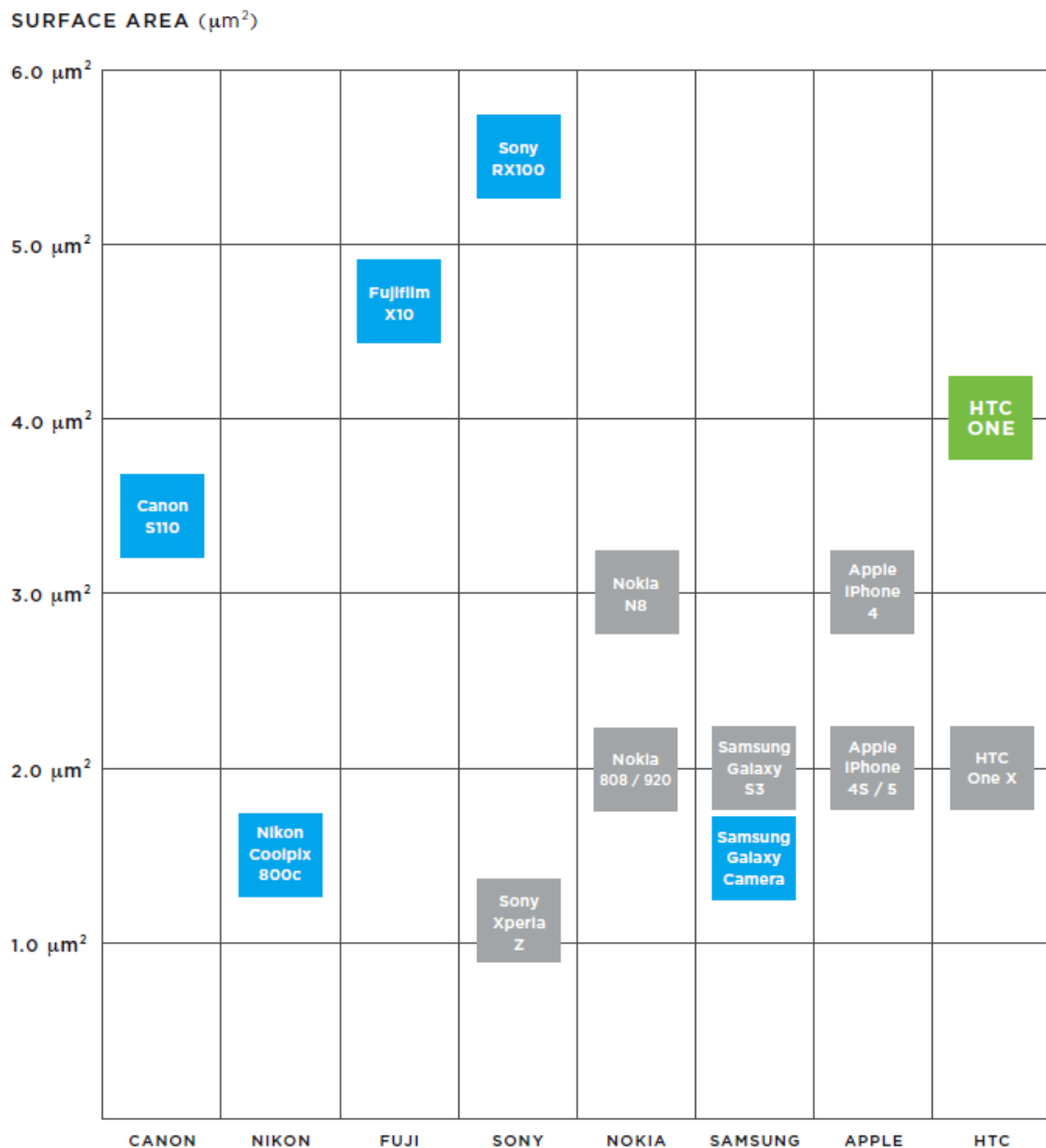
Slika 34. Usporedba veličine piksela u odnosu na konkurenciju
 Izvor: HTC Ultrapixel Camera

Godinama su proizvođači mobitela samo povećavali broj megapiksela, a da su senzori ostajali iste veličine. Može se reći da je zapravo riječ o marketinškom triku, jer u psihi ljudi više nužno znači i bolje. Na slici 35 je ilustrativno prikazano kako jedan ultrapiksel hvata više svjetla od običnih piksela. [36]



Slika 35. Veći piksel hvata više svjetla
Izvor: HTC Ultrapixel Camera

Povećanjem samo broja piksela se dobiva fotografija veće rezolucije, ali ujedno i kvaliteta same fotografije pada. Još jedna dobra strana senzora sa manje piksela jest da su fotografije manje, što omogućuje brže spremanje, brži upload na društvene mreže, manje zauzeće prostora...



Slika 36. Usporedba veličine piksela sa konkurentnim uređajima
Izvor: HTC Ultrapixel Camera

Na slici 36 nalazi se dijagram za usporedbu veličina piksela HTC-ovog uređaja i konkurentskih uređaja. [36]

Uz dodatak čipa za procesiranje slika i optičke stabilizacije kvaliteta fotografija bi trebala biti bolja od konkurencije. Pogotovo ako se fotografira u uvjetima slabijeg osvjetljenja. Količina šuma bi trebala biti znatno smanjena, reprodukcija boja znatno poboljšana. HTC je ponudio i primjere fotografija (slika 37 na idućoj stranici) uspoređene sa konkurentskim.



HTC One



Samsung Galaxy S3



iPhone 5



Sony Xperia T



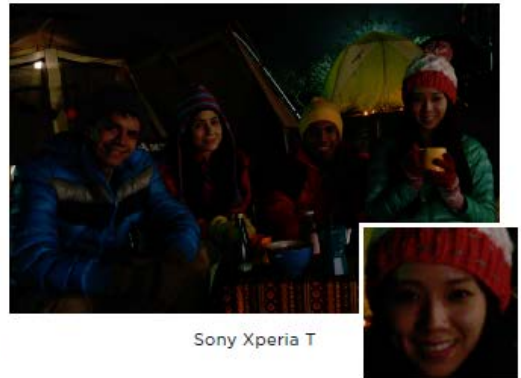
HTC One



Samsung Galaxy S3



iPhone 5



Sony Xperia T

Slika 37. Usporedba fotografija sa konkurencijom u uvjetima lošeg osvjetljenja
Izvor: HTC Ultrapixel Camera

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Prilikom istraživanja koristili su se mobiteli s jednakom veličinom senzora, ali različitim brojem piksela tj. različitom veličinom piksela na senzoru. Napravljen je niz fotografija u kontroliranim uvjetima, u studiju, gdje se može kontrolirati osvjetljenje i snimani kadar bio uvijek isti, čime je osigurano da nema vanjskih utjecaja na fotografiju. Također se je napravio i niz fotografija u nekontroliranim uvjetima (npr. u gradu) gdje se ne može kontrolirati sve vanjske utjecaje snimanja, jer se u takvim uvjetima najčešće koriste fotoaparati na mobilnim uređajima. Ovako ciljano snimljene fotografije su uspoređene te je ekspertno procijenjena njihova kvaliteta.

Cilj istraživanja ovog diplomskog rada je utvrditi kakav je i koliki utjecaj veličine piksela na senzoru na kvalitetu fotografija u uvjetima slabog osvjetljenja kod mobilnih uređaja. Proizvođači mobilnih uređaja su godinama "pumpali" broj piksela na sensorima više kao marketinški trik, da bi prodali više uređaja. Prošle godine je HTC sa svojim "*flagship*" (najbolji, najjači) uređajem okrenuo filozofiju za 180° - predstavili su uređaj sa samo 4 megapiksela, dok konkurencija nudi 8 i više. U teoriji, svaki pojedinačni piksel na senzoru HTC-ovog uređaja bi trebao primiti više svjetlosti od onih konkurentskih. Samim time bi kvaliteta fotografija trebala porasti, posebice u uvjetima slabog osvjetljenja. Ovaj diplomski daje odgovor na pitanje da li je HTC uspio u svom naumu.

Za prvi dio eksperimentalnog dijela koristili su se dva uređaja: HTC One i Samsung Galaxy S4 Mini. Oba uređaja imaju otprilike istu veličinu senzora 1/3". HTC ima rezoluciju 4 megapiksela, a Samsung 8 megapiksela. HTC maksimalnu rezoluciju postiže u 16:9 formatu slike, a Samsung u 4:3 formatu. I Samsung i HTC imaju autofokus i LED bljeskalicu. HTC ima i optičku stabilizaciju slike, ali ovdje to nije bilo bitno jer se slikalo u kontroliranim uvjetima. Od dodatne opreme su se koristila dva reflektora sa stalcima, stalak za fotoaparate na kojem je bio montiran držač za mobitele. Upravo radi toga optička stabilizacija nije imala neku veliku ulogu. Odabrana scena se fotografirala sa svakim uređajem u različitim uvjetima: uz sobnu rasvjetu, direktno osvjetljenje reflektorima, indirektno osvjetljenje reflektorima, u uvjetima

vrlo slabog osvjetljenja i po jedna fotografija uz pomoć bljeskalice. Slijede primjeri fotografija.



Slika 38. HTC One: sobna rasvjeta



Slika 39. Samsung Galaxy S4 Mini: sobna rasvjeta



Slika 40. HTC One: direktno osvjetljenje reflektorima



Slika 41. Samsung Galaxy S4 Mini: direktno osvjetljenje reflektorima



Slika 42. HTC One: indirektno osvjetljenje reflektorima



Slika 43. Samsung Galaxy S4 Mini: indirektno osvjetljenje reflektorima



Slika 44. HTC One: vrlo slabo osvjetljenje



Slika 45. Samsung Galaxy S4 Mini: vrlo slabo osvjetljenje



Slika 46. HTC One: uz pomoć bljeskalice



Slika 47. Samsung Galaxy S4 Mini: uz pomoć bljeskalice

Za drugi dio eksperimentalnog dijela ovog rada su se koristili uređaji HTC One i LG G3. LG G3 također ima senzor jednake veličine 1/3". Ali LG ima još i veću rezoluciju od Samsunga i ona iznosi 13 megapiksela. Tako da je razlika u veličini piksela ovdje još istaknutija. LG baš kao i Samsung maksimalnu rezoluciju postiže u omjeru 4:3. LG G3 isto ima autofokus i dvostruku LED bljeskalicu. No budući da se ovaj eksperiment odvijao u nekontroliranim uvjetima i da su bljeskalice bile isključene, to nije donijelo nikakvu prednost LG-u. Nije se koristila nikakva dodatna oprema. Fotografiralo se iz ruke u gradu u kasnim večernjim satima. Odabrani su uvjeti slabog osvjetljenja, zato što bi se tu najviše trebala isticati prednost većih piksela na senzoru. U uvjetima dobrog osvjetljenja to ne čini toliku razliku. Slijede primjeri sa HTC-a i LG-a na sljedećim stranicama.



Slika 48. HTC One: Muzej Mimara



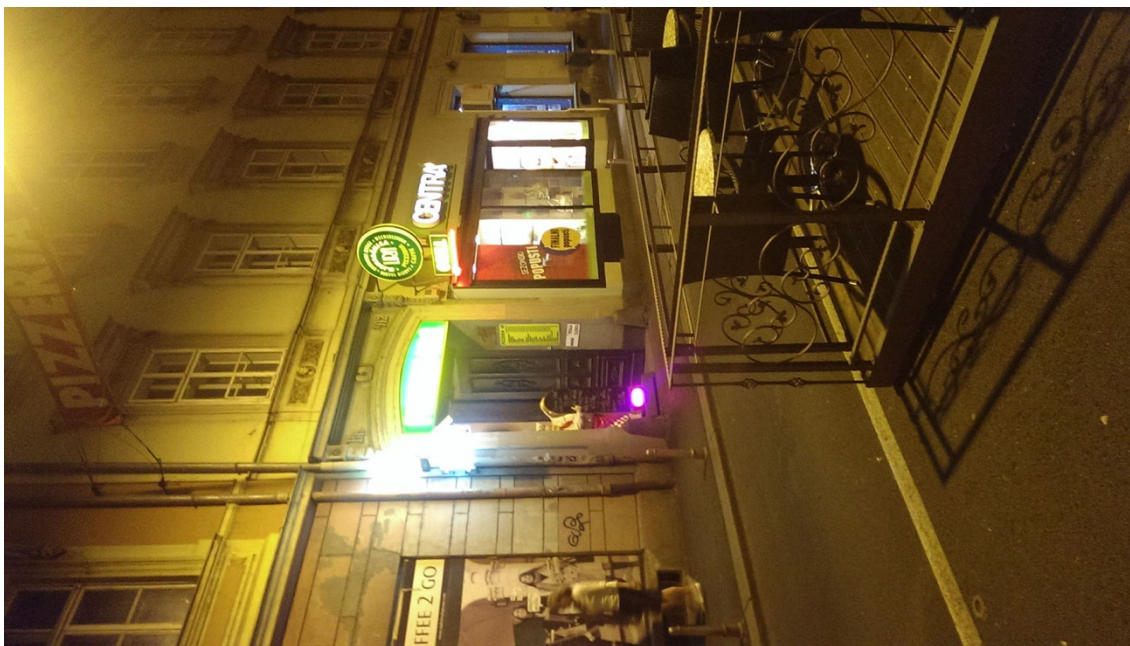
Slika 49. LG G3: Muzej Mimara



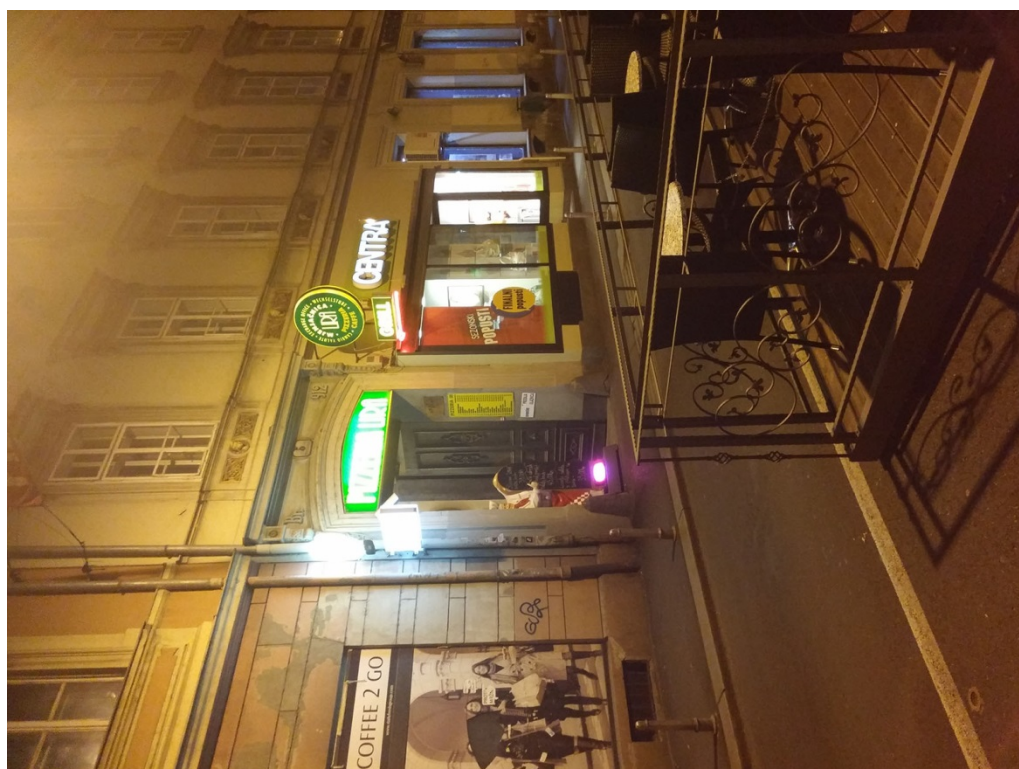
Slika 50. HTC One: Hrvatsko narodno kazalište



Slika 51. LG G3: Hrvatsko narodno kazalište



Slika 52. HTC One: Svjetleće reklame



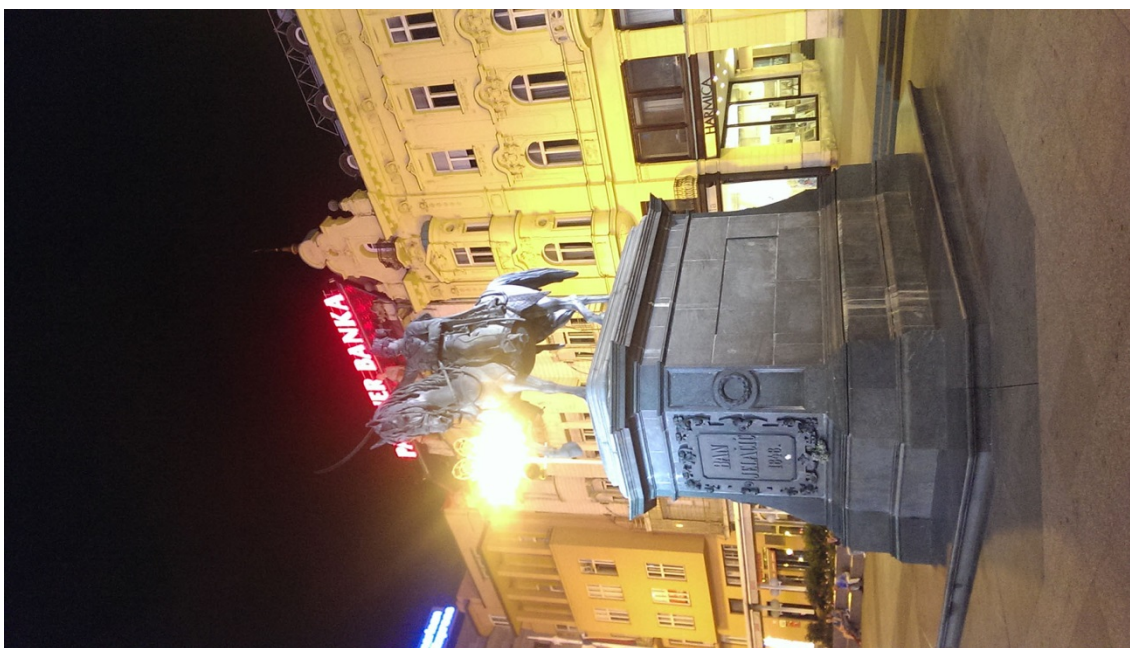
Slika 53. LG G3: Svjetleće reklame



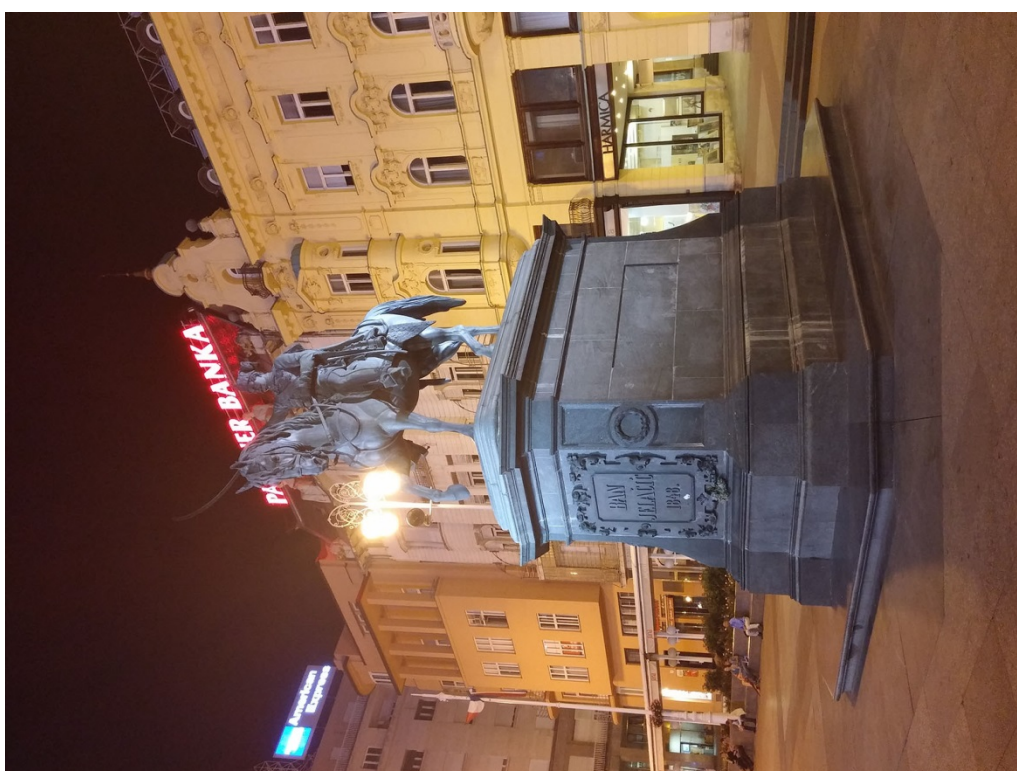
Slika 54. HTC One: Zagrebački električni tramvaj



Slika 55. LG G3: Zagrebački električni tramvaj



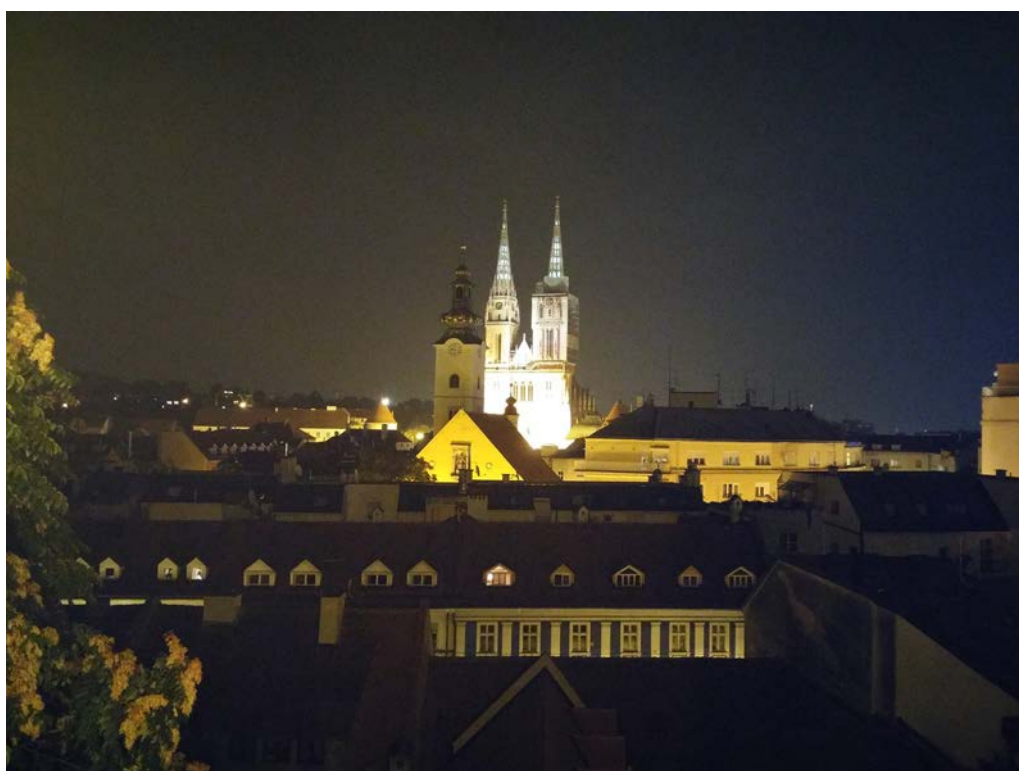
Slika 56. HTC One: Kip bana Josipa Jelačića



Slika 57. LG G3: Kip bana Josipa Jelačića



Slika 58. HTC One: Zagrebačka katedrala



Slika 59. LG G3: Zagrebačka katedrala



Slika 60. HTC One: Skulptura „Matoš na Klupi“



Slika 61. LG G3: Skulptura „Matoš na Klupi“



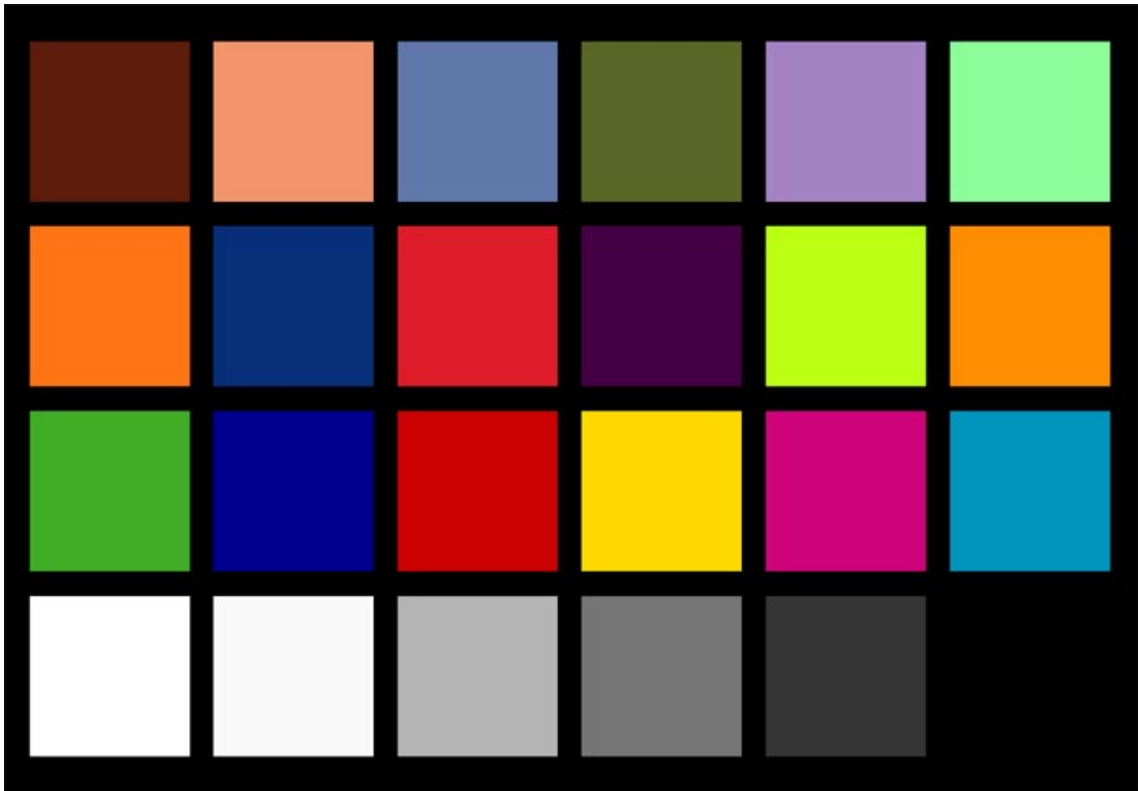
Slika 62. HTC One: Noćna svjetiljka



Slika 63. LG G3: Noćna svjetiljka

Za treći dio eksperimentalnog dijela se ispisala karta sa bojama na Canonovom ink jet pisaću, te se ona fotografirala u kontroliranim uvjetima. Ponovno se koristio reflektor. Uređaji kojima se fotografiralo su HTC One i LG G3.

Karta s bojama koja se može vidjeti na slici 64.



Slika 64. Testna karta s bojama

Primjeri fotografija dobivenih sa HTC-om i LG-jem se mogu vidjeti na sljedećoj stranici.



Slika 65. HTC One: Testna karta u različitim uvjetima osvjetljenja



Slika 66. LG G3: Testna karta u različitim uvjetima osvjetljenja

4. REZULTATI I RASPRAVA

U praktičnom dijelu ovog rada usporedili su se uređaji s različitim veličinama piksela na senzoru u svrhu utvrđivanja utjecaja veličine piksela na kvalitetu fotografija. Fotografije napravljene u eksperimentalnom dijelu ovog rada su detaljno pregledane i proanalizirane.

U prvom eksperimentu, u kontroliranim uvjetima, HTC je dao vrlo dobre fotografije. Boje su dosta realne u svim slučajevima, fotografije su oštre. Količina detalja je ipak nešto manja nego kod Samsunga, ali to je i očekivano budući da Samsung ima dvostruko više piksela.

Pri osvjetljenju od sobne rasvjete (vidljivi na slikama 38 i 39 na stranici 66) razina šuma na fotografijama je nešto veća, ali prihvatljiva i podjednaka kod oba mobitela. Kod HTC-a su boje, kao što sam već napomenuo, malo bolje prikazane nego kod Samsunga i veća je oštrina fotografije. Idući primjer u kojem su fotografije uslikane pod direktnim osvjetljenjem reflektora (slike 40 i 41 na stranici 67), daje nižu (nisku) razinu šuma vidljivog tek u području sjena. Boje na fotografijama su nešto toplije, a HTC i u ovom slučaju daje nešto realnije boje i oštriju fotografiju, ali je razlika manja nego u prvom slučaju.

Sljedeći primjer sa indirektnim osvjetljenjem (slike 42 i 43 na stranici 68) je donio prirodnije boje kod oba uređaja, ali je opet malo porasla količina šuma. Čak kao da je kod HTC-a malo vidljiviji šum. Razlog tome može biti procesiranje slike nakon fotografiranja. Moguće da Samsung koristi malo agresivniji algoritam za uklanjanje šuma, pa od tud i malo zamućenije fotografije. Idući primjer je slikan gotovo u mraku (slike 44 i 45 na stranici 69), no upravo on bi mogao pokazati i prednost ultrapiksela nad običnim pikselima. Kod HTC-ove fotografije se mogu nazreti neki detalji na slici i obrisi, što je dosta iznenađujuće s obzirom na količinu svjetlosti. Količina šuma je velika i fotografija je mutna, ali na slici se ipak nazire nešto. Kod Samsunga se teško može pronaći išta osim crnila. Zanimljivo da je Samsung čak koristio višu ISO postavku (1000 naprema 800 kod HTC-a). S druge strane, HTC je koristio nešto dulju ekspoziciju.

Napravljena je po jedna fotografija sa uključenom bljeskalicom (slike 46 i 47 na stranici 70). Oba uređaja imaju običnu, jednostruku LED bljeskalicu. Za početak je lako dokučiti da HTC ima nešto snažniju bljeskalicu od Samsunga. No zanimljivo je da je ovaj put Samsung dao oštriju fotografiju od HTC-a.

Kada se sve zbroji i oduzme, nakon prvog eksperimentalnog dijela moglo bi se reći da HTC ima malu prednost nad Samsungom što se tiče kvalitete fotografija u različitim uvjetima osvjetljenja. Čak je i fotografija u gotovo mrklom mraku dala neke naznake svjetlosti kod HTC-a. U obzir treba uzeti i to da Samsung ima dvostruko veću rezoluciju, tako da Samsung nije potučen u ovoj usporedbi. Može se reći da je HTC bolji, ali razlika je vjerojatno manja od očekivane. U obzir treba uzeti i da je HTC One bio top model HTC-a u svoje vrijeme, a ovaj Samsung je mini verzija njihovog top modela Galaxyja S4.

Budući da Samsung Galaxy S4 Mini nema optičku stabilizaciju slike, a drugi dio eksperimentalnog rada se fotografirao iz ruke i u nekontroliranim uvjetima, HTC One-u se suprotstavio LG G3. On ima optičku stabilizaciju slike, ali i 13 megapikslni senzor jednake veličine kao onaj u HTC-ovom modelu. Ovo je bio pravi test i mjerilo za HTC-ovu Ultrapiksel tehnologiju. Slike su fotografirane navečer u uvjetima lošeg osvjetljenja i bez blica, jer su upravo to uvjeti u kojima bi HTC trebao doći do izražaja. U dobrim uvjetima osvjetljenja svi bolji uređaji daju dobre rezultate.

Što se tiče rukovanja uređajima i brzinom rada, nema nekih zamjerki kod oba modela. Mobiteli brzo pokreću fotoaparatus, brzo izoštravaju i okidaju fotografije. Čak i rapidno okidanje radi dobro, pa se može dogoditi da se nesvjesno naprave i po dvije-tri fotografije. Kada se priča o izoštravanju, treba istaknuti da je LG G3 prvi mobitel koji ima laserski autofokus za kojeg tvrde da je najbrži do sada. To je vrlo lako moguće, ali ako i ima razlike u brzini fokusiranja, riječ je o desetinkama ili stotinkama sekundi što će korisnik teško zamijetiti.

Nakon pregledavanja fotografija na računalu, jedno od glavnih iznenađenja je bio udio zamućenih fotografija. Udio takvih kod LG-a je daleko

manji nego kod HTC-a. Čini se da je to često do samog izoštravanja, tj. da HTC ponekad ne izoštri dobro u ovakvim uvjetima rada.

HTC je sa svojim ultrapikselima htio ponuditi ljudima bolje fotografije u slabim uvjetima osvjetljenja te manju količinu šuma. No stvari su se pokazale baš suprotnima. HTC-ove fotografije nisu mogle parirati LG-u ni po količini svjetla, ni po količini šuma. LG-jeve su bolje, svjetlije i sa manje šuma. Ovdje opet moram spomenuti istu stvar kao i kod prethodnog eksperimenta. Čini se da i LG ima agresivniji način uklanjanja šuma sa fotografija prilikom procesiranja. To je vidljivo po manjku detalja kada se fotografija poveća na 100%. No zahvaljujući puno većoj količini piksela, to i nije toliki problem ako se fotografija gleda na zaslonu uređaja, pa čak i na velikom monitoru. Taj nedostatak se u tim slučajevima i ne zamijeti. Većini ljudi će se sigurno više dopasti fotografije napravljene LG-jevim modelom. Ovo je najbolje vidljivo na slikama 48 i 49 na 72 stranici, a može se vidjeti i na drugim primjerima.

Što se oštine fotografija tiče, dobar je primjer sa svjetlećim reklamama. Radi se o slikama 52 i 53 na 74 stranici. Na LG-jevoj fotografiji su reklame i slova čitka, dok su kod HTC-a zamućena. Dinamički raspon je još jedna stvar gdje bi HTC trebao profitirati, ali to jednostavno nije tako. To se odlično vidi na slikama 58 i 59 na 77 stranici ili na slikama 62 i 63 na 79 stranici. Kod HTC-a su samo noćna svjetiljka i katedrala dobro vidljivi, dok je ostatak fotografije vrlo taman. LG je tu ponudio puno više svjetla i na okolnim detaljima.

Ovaj dio eksperimentalnog dijela je bio poražavajući za HTC. LG se pokazao boljim upravo na onim područjima gdje bi HTC trebao pokazati kvalitetu. Slike koje daje LG nisu savršene, daleko od toga, ali su bile svjetlije, oštrije, sa manje šuma i većim dinamičkim rasponom. HTC isto nije bio loš, ali nije ispunio ni očekivanja, ni obećanja. U obzir treba uzeti i činjenicu da je LG-jev model godinu dana i par mjeseci noviji. No budući da je HTC na svom novom top modelu One (M8) izbacio optičku stabilizaciju slike i da model ima još neke mane, HTC One se činio kao bolji izbor za ovu usporedbu od svog nasljednika.

Za zadnji eksperimentalni dio su opet korišteni HTC i LG. Fotografirala se karta sa bojama pa su se rezultati usporedili. Niti jedan uređaj nije baš briljirao. Oba modela su ponudila nešto toplije boje od originala koji je fotografiran. Vjerojatno je to namjerno tako jer se ljudima nekako više sviđaju toplije boje na slici. Tako imaju dojam da su fotografije ljepše i kvalitetnije.

Primjeri fotografija kontrolne karte slikanih u različitim uvjetima mogu se vidjeti na slikama 65 i 66 na 81 stranici.

Pregledavanjem dobivenih fotografija i ispitivanjem boja sa *color pickerom* u Photoshopu utvrđeno je da je LG ponudio veću konstantu pri različitim uvjetima osvjetljenja, iako je HTC pri indirektnom osvjetljenju dao najbolje i najtočnije rezultate.

5. ZAKLJUČAK

Odgovor na pitanje je li HTC uspio u svom naumu bi bio ne. Iako je sama ideja bila dobra i u neku ruku osvježavajuća, provedba očito nije bila dovoljno dobra. Veći pikseli, barem u ovom slučaju, nisu donijeli očekivani rezultat. Konkurencija je i sa manjim pikselima ponudila bolje uređaje, barem što se fotoaparata tiče.

Sada bi se trebalo postaviti pitanje što je zapravo ultrapiksel? Činjenica je da je Nokia sa svojim modelom N95 prije više od sedam godina ponudila senzor veličine 1/2.5" uz rezoluciju od 5 megapiksela. To daje veličinu piksela otprilike jednaku kao što ima HTC One. Tada su se takvi pikseli zvali samo pikseli, a danas su ultrapikseli. Dakle, nije HTC sa ultrapikselima izmislio toplu vodu. Naziv ultrapiksel je više marketinški trik kako bi se uređaji bolje prodavali.

Nije HTC nužno krenuo u krivom smjeru, samo treba to sve to bolje izvesti. Ne bi bilo loše da malo povećaju veličinu senzora za početak. Konkurencija ionako već nudi veće senzore. To bi dodalo još koji megapiksel na senzor fotoaparata. HTC je i u nasljedniku modela One ugradio isti senzor i tehnologiju, što je znak da barem za sada nisu odustali od svojeg nauma. To je dobro, jer različitost i dobra konkurencija uvijek idu u prilog korisnicima. Loše je to što HTC već u tom nasljedniku nije ponudio neki napredak u svojoj tehnologiji. Dapače, novi HTC One (M8) je lišen optičke stabilizacije slike zato jer nije bila kompatibilna s novim dvostrukim fotoaparatom. Tako su nauštrb kvalitete fotografija dodani neki novi efekti i mogućnosti prilikom fotografiranja (kao refokusiranje i zamućivanje pozadine), a sve da bi se privuklo korisnike. Takav potez je shvatljiv sa ekonomske strane, jer će ti efekti i mogućnosti fotoaparata privući više ljudi nego što će ih nedostatak optičke stabilizacije slike odbiti. U nekom smislu razvoja fotografije na mobilnim uređajima, to je ipak korak nazad.

No to nas i dalje ne sprečava da s nestrpljenjem iščekujemo što će HTC ponuditi u sljedećim modelima i kojim će putem krenuti.

6. LITERATURA

1. Grupa autora, (2006). Digitalna fotografija, priručnik za radionicu, Udruga P.O.I.N.T.
2. *** <http://en.wikipedia.org/wiki/> 13.05.2014.
3. *** <http://fotografija.hr/> 13.05.2014.
4. *** <http://www.gizmag.com/> 14.05.2014.
5. *** <http://gadgetizor.com/> 14.05.2014.
6. *** <http://www.mobilemag.com/> 17.05.2014.
7. *** <http://www.dpreview.com/> 17.05.2014.
8. *** <http://communities-dominate.blogs.com/brands/> 20.05.2014.
9. *** <http://ixbtlabs.com/> 20.05.2014.
10. *** <http://www.gsmarena.com/> 20.05.2014.
11. *** <http://www.sigmaspy.com/> 20.05.2014.
12. *** <http://conversations.nokia.com/> 20.05.2014.
13. *** <http://mobilne-telefony.heureka.sk/> 25.05.2014 .
14. *** <http://www.amazon.co.uk/> 27.05.2014
15. *** <http://www.technave.com/> 30.05.2014.
16. *** <http://allaboutwindowsphone.com/> 2.06.2014.
17. *** <http://www.bug.hr/> 2.06.2014.
18. *** <http://www.marino-bobetic.iz.hr/> 4.06.2014.
19. *** <http://www.mobihall.com/> 4.06.2014.
20. *** <http://www.techspot.com/> 7.06.2014.

21. *** <http://www.swotti.com/> 7.06.2014.
22. *** <http://www.digitaltrends.com/> 8.06.2014.
23. *** <http://annikarei.wordpress.com/> 10.06.2014.
24. *** <http://www.hungamaonline.net/> 10.06.2014.
25. *** <http://mob.hr/> 14.06.2014.
26. *** <http://www.mobilescorner.com/> 14.06.2014.
27. *** <http://www.samsunggalaxys5prijs.nl/> 15.06.2014.
28. *** <http://101-gadget.blogspot.com/> 25.06.2014.
29. *** <http://www.chipworks.com/> 25.06.2014.
30. *** <http://utbblogs.com/> 25.06.2014.
31. *** <http://www.globalmobiles.net/> 3.07.2014.
32. *** <http://www.mobileshop.eu/> 3.07.2014.
33. *** <http://www.techradar.com/> 10.07.2014.
34. *** <http://connect.dpreview.com/> 12.07.2014
35. Grupa autora, (2013). Pushing the boundaries of digital imaging, tehnička dokumentacija, NOKIA
36. Grupa autora, (2013). HTC Ultrapixel Camera, tehnička dokumentacija, HTC