



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
DEPARTMAN ZA MATEMATIKU I  
INFORMATIKU



# Razvoj cross-platform native mobilnih aplikacija u programskom jeziku C#

Native cross-platform mobile  
application development in C#  
programming language

Master rad

Student: Nemanja Milošević

Mentor: dr Miloš Racković

Novi Sad, septembar 2016.

## Predgovor

Ovaj master rad se bavi proučavanjem načina na koji je moguće razvijati mobilne aplikacije koje rade na svim popularnim mobilnim platformama. U trenutku pisanja ovog rada, to su: Android, Windows Phone i iOS. U današnje vreme veoma je važno da mobilne aplikacije rade nezavisno od operativnog sistema koji se nalazi na samom telefonu. Ovaj rad pruža pregled u načine na koji se mogu razvijati aplikacije za sve navedene operativne sisteme uz veliki stepen deljenog kôda. Važno je na početku napomenuti da se ovaj rad fokusira na razvoj nativnih (eng. native) aplikacija, a ne na aplikacije koje koriste web wrapper komponentu kako bi mogle da se izvršavaju na svim operativnim sistemima. U poslednjem delu rada opisana je implementacija jedne ovakve aplikacije na čijem primeru su opisani koncepti i najbolje prakse pri razvoju mobilnih aplikacija za više različitih operativnih sistema.

Ovaj rad je podeljen na sledeće delove:

1. Poređenje nativnih aplikacija i aplikacija koje koriste web-wrapper
2. Pregled dostupnih biblioteka za razvoj cross-platform mobilnih aplikacija
3. Pregled Xamarin biblioteke i opis prednosti koje donosi
4. Pregled Xamarin.Forms biblioteke za definisanje grafičkog interfejsa aplikacija pomoću markup jezika XAML
5. Opis implementacije aplikacije za studentske servise razvijene pomoću Xamarin i Xamarin.Forms biblioteka u programskom jeziku C#

Za otvorenost prema ideji, pomoć, savete i korisne sugestije tokom izrade ovog master rada zahvaljujem se svom mentoru dr Milošu Rackoviću.

Takođe se na neizmernoj podršci i prenesenom znanju zahvaljujem svom ocu Branislavu koji me je naučio osnovama programiranja dok sam još bio učenik osnovne škole kao i ostatku porodice, kolegama i prijateljima.

## Sadržaj

Predgovor.....	2
1. Uvod.....	4
1.1. Ciljevi rada.....	4
1.2. Srodnna istraživanja.....	4
1.3. Doprinos znanju.....	4
2. Cross-platform mobilne aplikacije sa Web tehnologijama.....	5
2.1. Apache Cordova.....	5
2.2. NativeScript.....	6
2.3. React Native.....	8
3. Nativne biblioteke.....	9
3.1. CodenameOne.....	9
3.2. Kivy.....	10
3.3. Xamarin.....	11
4. Motivacija za ovakav način razvoja mobilnih aplikacija.....	14
5. Kratka istorija Xamarin biblioteke.....	15
6. Xamarin.Forms biblioteka.....	16
6.1. XAML.....	17
7. Aplikacija za studentske servise.....	20
7.1. Korišćene tehnologije, biblioteke i dizajn obrasci.....	24
7.1.1. Onion arhitektura.....	24
7.2. Struktura kôda aplikacije.....	26
7.3. MVVM dizajn obrazac.....	27
7.4. Inversion of Control (IoC).....	30
7.5. Resursi aplikacije.....	32
7.6. Navigacija.....	33
7.7. Lokalizacija.....	34
7.8. Ekstenzije XAML komponenti.....	37
7.8.1. Implementacija PinMap komponente.....	38
7.8.2. Implementacija ExtendedPicker komponente.....	40
7.8.3. XAML konverteri.....	41
7.9. Kôd za specifične platfome.....	42
7.10. Jedinstven pristup naprednijim mogućnostima mobilnih uređaja.....	43
7.10.1. Notifikacije.....	44
7.10.2. Poruke i dijalozi.....	45
7.10.3. Otvaranje linkova u podrazumevanom internet pregledaču.....	45
7.10.4. Slanje elektronske pošte, deljenje linkova i sadržaja.....	46
7.10.5. Keširanje slika.....	48
8. Zaključak.....	50
Reference.....	51
Web linkovi i druge reference.....	52

# 1. Uvod

## 1.1. Ciljevi rada

Cilj ovog master rada je da upozna čitaoca sa načinima na koji se mogu razvijati cross-platform native mobilne aplikacije kao i kakve prednosti (i mane) ovakav način razvoja donosi.

Kroz kratko poređenje različitih biblioteka za razvoj ovakvih aplikacija, korisnih i moćnih obrazaca koje olakšavaju razvoj i konkretnim primerima delova implementacije jedne cross-platform native aplikacije prikazan je nivo kompleksnosti razvoja aplikacija koje mogu na potpuno istovetan način da funkcionišu nezavisno od operativnog sistema na kojem se izvršavaju.

Prikazani su i neki nedostaci i ograničenja ovakvog načina razvoja i kako se oni mogu nadomestiti.

## 1.2. Srodna istraživanja

U drugom poglavlju ovog rada prikazane su neke od naprednijih biblioteka koje služe za razvoj cross-platform aplikacija.

Ovakav način razvoja mobilnih aplikacija je za kratko vreme postao veoma popularan i već danas se može pronaći kvalitetna literatura kao što je [Petzold C., *Creating Mobile Apps with Xamarin.Forms Book Preview*, Microsoft Press, April 2015, 448p, ASIN: B00VYSSNJW]. Ova knjiga (kao i druge navedene na kraju rada u poglavlju sa referencama) je bila veoma dobar izvor sa veoma konkretnim i jednostavnim primerima koji su bili veoma lako primenljivi.

Takođe, postoji i nekoliko naučnih radova koji se bave prvenstveno poređenjem raznih alata za razvoj cross-platform mobilnih aplikacija kao što su [Palmieri, Manuel, Inderjeet Singh, and Antonio Cicchetti. "Comparison of cross-platform mobile development tools." *Intelligence in Next Generation Networks (ICIN)*, 2012 16th International Conference on. IEEE, 2012.] ili [Heitkötter, Henning, Sebastian Hanschke, and Tim A. Majchrzak. "Evaluating cross-platform development approaches for mobile applications." *International Conference on Web Information Systems and Technologies*. Springer Berlin Heidelberg, 2012.]

## 1.3. Doprinos znanju

Kao što je već navedeno, glavni cilj ovog master rada je da upozna čitaoca sa načinima i poteškoćama u razvoju cross-platform mobilnih aplikacija. U radu su data uputstva za razvoj modernih aplikacija koje su luke za održavanje i strukturno dobro organizovane.

Izvorni kôd aplikacije prikazane u ovom master radu je otvoren i može se preuzeti.

## 2. Cross-platform mobilne aplikacije sa Web tehnologijama

Veoma popularan način razvoja cross-platform mobilnih aplikacija je korišćenjem takozvanih web-wrapper framework-a. Glavna prednost ovog pristupa je jednostavnost: napravi se web aplikacija koja se zatim lokalno učitava sa mobilnog telefona. Posebne mogućnosti telefona kao što su kamera, kompas, GPS i slično se mogu koristiti sa nekim ograničenjima. Glavna mana ovakvog pristupa razvoju mobilnih aplikacija je to što se aplikacija grafički ne uklapa sa izgledom operativnog sistema. Takođe, performanse su ograničene, pristup senzorima je ograničen, i često nije moguće u potpunosti realizovati aplikaciju kako je zamišljena.

Ipak, ovaj pristup razvoju mobilnih aplikacija ima smisla ukoliko se razvija mala, specifična aplikacija koja ne zahteva pristup senzorima i u kojoj nije važan izgled komponenti.

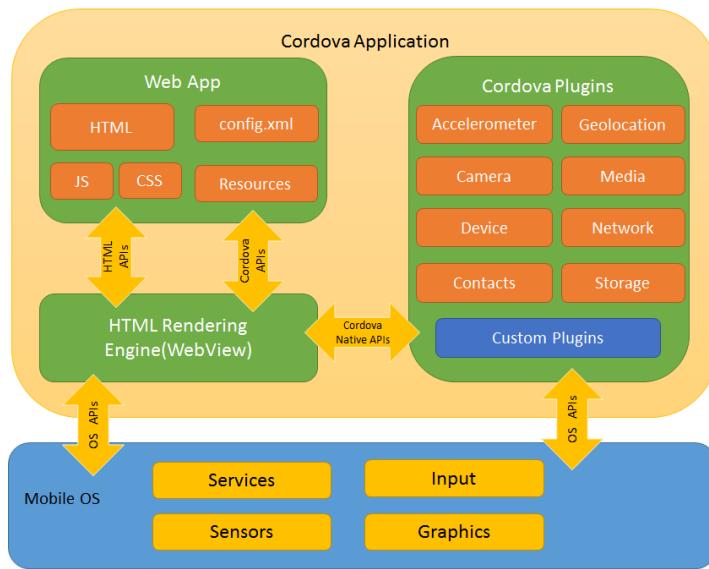
Postoji nekoliko veoma popularnih biblioteka za razvoj web-wrapper aplikacija. Uglavnom se sve razvijaju koristeći jezike HTML5, CSS i JavaScript ili neki od njegovih derivata koji se može konvertovati u JavaScript – TypeScript, Dart i slični.

Ovde će biti navedene tri najpopularnije i najrazvijenije biblioteke u trenutku pisanja ovog rada.

### 2.1. Apache Cordova

Verovatno najpoznatija biblioteka za razvoj mobilnih aplikacija uz pomoć Web tehnologija. Apache Cordova<sup>[1]</sup> je besplatna, open-source biblioteka koja programerima pruža načine za pakovanje aplikacija u pakete za mobilne operativne sisteme, kao i interfejse za pristup senzorima, kamери i drugim komponentama mobilnih telefona. Apache Cordova je veoma modularna biblioteka, te se u osnovnom paketu dobijaju samo osnovne funkcionalnosti, dok se sve ostalo nalazi u Apache Cordova dodacima (plugin-ovi). Apache Cordova podrazumeva da se aplikacije pišu korišćenjem HTML/CSS/JS tehnologija.

Arhitekturu Apache Cordova projekta najlakše je objasniti pomoću sledećeg prikaza:



Kao što se na slici vidi, Apache Cordova implementira WebView komponentu koja služi za prikaz korisničkog interfejsa, kao i posebne interfejske kojima se pristupa komponentama mobilnog operativnog sistema na kom se aplikacija izvršava. U gornjem desnom uglu su prikazani neki od dodataka, a važno je napomenuti da je moguće implementirati i druge dodatke samostalno.

Velika prednost Apache Cordova biblioteke (i drugih sličnih biblioteka) je jednostavnost upotrebe. Ona ne zahteva nikakve posebne alate za razvoj, dovoljno je samo poznavanje HTML/CSS/JS jezika. Takođe, moguće je koristiti i popularne JavaScript biblioteke kao što su Angular ili KnockoutJS koje doprinose čistoći i preglednosti kôda.

## 2.2. NativeScript

NativeScript<sup>[2]</sup> je nova biblioteka koju je razvila američka kompanija Telerik, koja se dugi niz godina bavi razvojem izuzetno kvalitetnih grafičkih komponenti korisničkog interfejsa (između ostalog) koje se mogu koristiti u nekoliko programskih jezika.

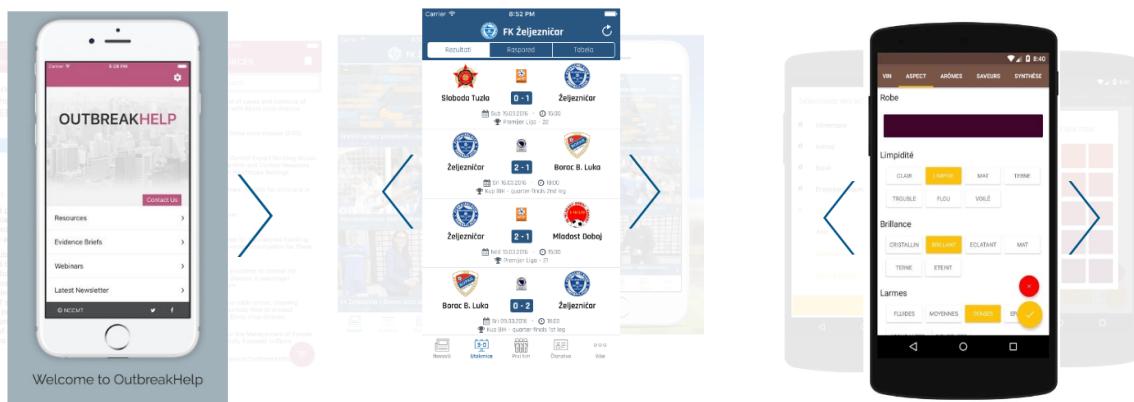
NativeScript je takođe potpuno besplatna i open-source biblioteka koja kao i Apache Cordova koristi JavaScript/HTML i CSS za pravljenje cross-platform mobilnih aplikacija. NativeScript trenutno podržava Android verziju 4.2 i više i iOS verziju 7.1 i više, dok je podrška za Windows telefone u razvoju. Razvoj je moguć na bilo kojem Desktop operativnom sistemu (Windows/Linux/OS X).

Glavna razlika i prednost NativeScript-a je što ne koristi WebView za prikaz grafičkih komponenti u aplikacijama, već koristi nativne komponente operativnog sistema. Takođe, NativeScript pored funkcija koje jednostavno mapiraju pozive na

funkcije operativnog sistema sadrži i funkcije koje olakšavaju razvoj kao što su funkcije za prikaz poruka, mrežnu komunikaciju i slično. Ovo pruža programeru mogućnost da koristi ove funkcionalnosti bez da nužno zna kako one funkcionišu na nivou mobilnog operativnog sistema.

NativeScript je još uvek u ranoj fazi razvoja, i ne postoji mogućnost korišćenja ni jednog drugog jezika za razvoj osim JavaScript-a i njegovih derivata, što je velika mana ukoliko se razvijaju komplikovanije, enterprise aplikacije.

Ipak, ova biblioteka je za kratko vreme stekla veliku popularnost, i već se može pronaći dosta kvalitetnih i popularnih aplikacija koje koriste ovu biblioteku.



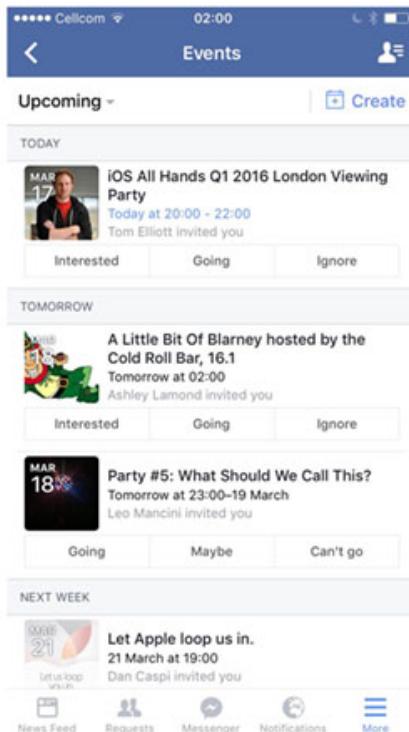
## 2.3. React Native

React Native<sup>[3]</sup> je još jedna biblioteka koja koristi Web tehnologije za razvoj cross-platform mobilnih aplikacija. Razvila ju je kompanija Facebook, i još uvek je u ranoj fazi razvoja. React Native se bazira na React biblioteci koja se koristi u razvoju Web aplikacija. Kao i NativeScript, React Native se ne izvršava u WebView komponenti već se grafički interfejs mapira na nativne komponente mobilnog operativnog sistema. Takođe, React Native, kao i NativeScript, definiše svoje interfejse koji objedinjuju elemente kao što su kontrola senzora, kamere i slično na različitim operativnim sistemima, što omogućava programeru da implementira ove delove aplikacije bez da nužno zna kako su oni definisani u samom mobilnom operativnom sistemu. React Native podržava iOS i Android.

Glavna prednost i novina koju React Native donosi je mogućnost da se komponente implementiraju direktno za specifičnu mobilnu platformu u programskim jezicima Java (za Android) i Swift ili Objective-C (za iOS). Ovo znači da programer ima veliku fleksibilnost u poređenju sa drugim JavaScript bibliotekama, kao i da je moguća implementacija kritičnih komponenti u pravom nativnom smislu ukoliko postoji takva potreba.

Glavni nedostatak React Native biblioteke je što ne podržava Windows mobilne uređaje i što je još uvek nerazvijena.

Mobilna aplikacija za društvenu mrežu Fejsbuk implementirana je uz pomoć ove biblioteke.<sup>[4]</sup>



### 3. Nativne biblioteke

Nativne biblioteke za razvoj mobilnih aplikacija su dosta komplikovanije od gore navedenih biblioteka. One se zasnivaju na korišćenju apstrakcija i moćnih oruđa modernih programskih jezika kao što su delegati, lambda izrazi, generički tipovi i slično, kako bi se napravio sloj koji prevodi kôd koji programer piše u više različitih verzija kôda za različite platforme.

Nativne biblioteke takođe zahtevaju često veoma zahtevne alate i emulatore za testiranje.

U trenutku pisanja ovog rada, postoje tri dovoljno razvijene biblioteke: CodenameOne, Kivy i Xamarin.

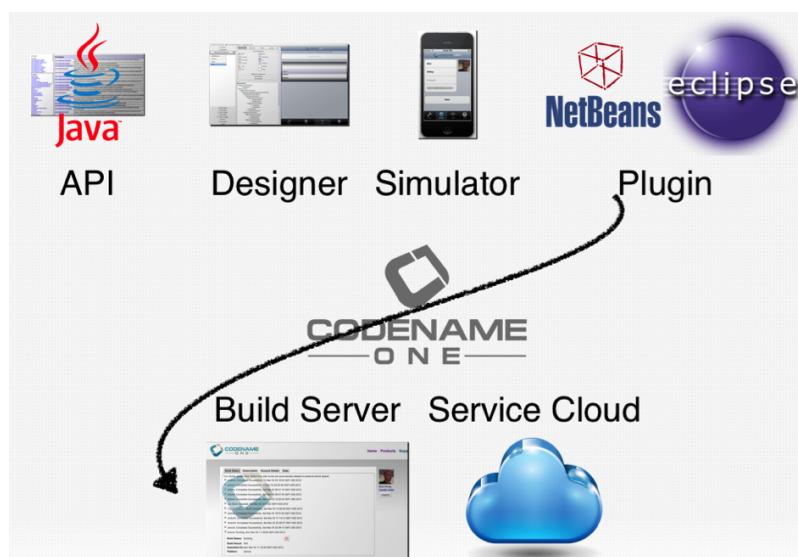
#### 3.1. CodenameOne

CodenameOne<sup>[5]</sup> je biblioteka koja koristi Java kôd koji se onda kompajlira i pakuje za razne mobilne uređaje. Postoje dodaci za popularna razvojna okruženja Eclipse i NetBeans, koji olakšavaju razvoj cross-platform nativnih aplikacija.

CodenameOne se zasniva na nekoliko koncepata:

- definisanje interfejsa nezavisnih od uređaja i operativnog sistema na kojem se aplikacija izvršava
- definisanje načina pravljenja dodataka (plugin-ova) za razna razvojna okruženja
- postavljanje Build servera koji kompajliraju aplikaciju

Pošto su razvojni alati za moderne mobilne platforme veliki i zahtevni, CodenameOne pruža svoj servis za testiranje i kompajliranje aplikacija, što znači da je moguće kompajlirati na primer za iOS bez alata instaliranih na OS X računaru, što je inače slučaj.

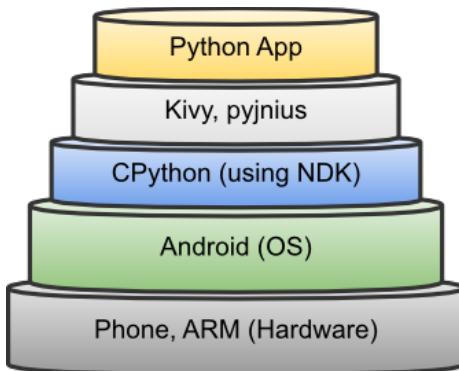


CodenameOne je zreo i relativno popularan projekat. Takođe je potpuno besplatan i otvorenog kôda. Međutim, pošto se kompajliranje vrši na udaljenim serverima, potrebno je platiti mesečnu pretplatu za njihovo korišćenje. Instalacija lokalnog build servera u trenutku pisanja ovog rada koštala bi preko 20000 dolara. Ovaj podatak, i činjenica da je razvoj CodenameOne projekta veoma usporen i daleko manje aktivan nego pre, odvratilo je autora ovog rada od korišćenja.

### 3.2. Kivy

Kivy<sup>[6]</sup> je potpuno besplatan, open-source alat koji omogućava programeru da pravi cross-platform nativne aplikacije u programskom jeziku Python. Kivy se takođe može koristiti i za razvoj Desktop aplikacija što je velika prednost u odnosu na sve do sada navedene biblioteke. Podržava Windows, Linux, OS X, Android i iOS. U potpunosti isti kôd se može izvršavati na bilo kojoj od navedenih platformi. Takođe, Kivy ima podršku i za grafički interaktivne aplikacije što znači da se uz pomoć ove biblioteke čak mogu praviti i video igre.

Kivy ne koristi nativne grafičke komponente, već definiše svoje. Grafički interfejs je takođe moguće definisati posebnim Kv jezikom. Python kôd se prevodi u C kôd (CPython) koji se zatim koristi na mobilnim uređajima.



Od svoga začeća 2011. godine do danas, Kivy je u veoma aktivnom razvoju i sada je već stabilna i zrela platforma za rad koju koriste mnoge aplikacije kako desktop tako i mobilne. Kivy razvija neprofitna organizacija Kivy Organization koju čine veoma iskusni Python programeri.

Autor ovog rada ima iskustva sa Python programskim jezikom i sa Kivy bibliotekom ali se ipak odlučio na korišćenje druge biblioteke zbog daleko bolje razvijenosti, daleko većih mogućnosti i daleko većih performansi.

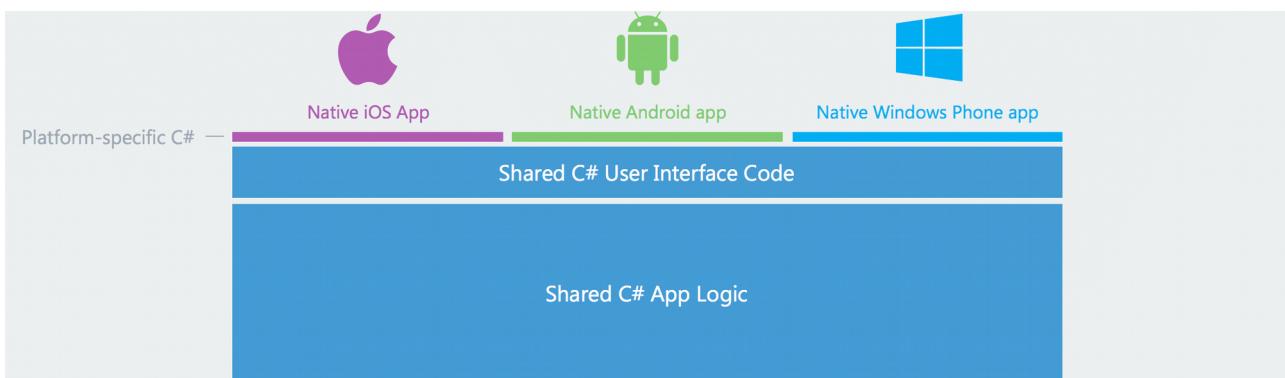
### 3.3. Xamarin

Xamarin<sup>[7]</sup> je (od nedavno) besplatna i open-source platforma za razvoj mobilnih aplikacija, vlasništvo kompanije Microsoft. Xamarin koristi nativne komponente mobilnih operativnih sistema, nativne sistemske pozive mapira u svoje interfejse i postiže izuzetno visoke performanse na svim platformama.

Xamarin takođe podržava integraciju sa bibliotekama za razvoj mobilnih video igara (Unity).

Xamarin koristi programski jezik C# za kôd i markup jezik XAML za definisanje korisničkog interfejsa. Korisnički interfejs je takođe moguće definisati uz pomoć C#.

Xamarin projekte odlikuje izuzetno visok stepen deljenog kôda.



Ovo je postignuto korišćenjem veoma velikog niza modernih osobina programskog jezika C# (koji je odabran baš iz tog razloga) kao što su kompleksne strukture, asinhronne funkcije, lambda izrazi, delegati i slično.

Xamarin trenutno podržava Android (mobilni telefoni, tableti, pametni satovi), iOS (telefoni, tableti), Windows (Universal Windows Platform – desktop i mobilne aplikacije) a dostupna razvojna okruženja su Visual Studio (na Windows operativnom sistemu) i Xamarin Studio (na OS X operativnom sistemu). Razvojno okruženje za Linux (MonoDevelop) postoji, ali nije u potpunosti podržano.

Za kompajliranje Xamarin aplikacija za iOS potreban je računar sa OS X operativnim sistemom. Xamarin tim je razvio alate koji olakšavaju proces slanja, kompajliranja i simuliranja izvršavanja aplikacije, tako da OS X računar može biti negde daleko na mreži, i programer ne mora da ima fizički pristup istom.

Xamarin.Forms je novi, podrazumevani način razvoja grafičkih okruženja u Xamarin biblioteci. Definišu se XAML fajlovi (XAML je markup jezik sličan XML-u, više detalja u daljem tekstu) koji se zatim transformišu u nativne komponente na svim platformama za koje se kompajlira.

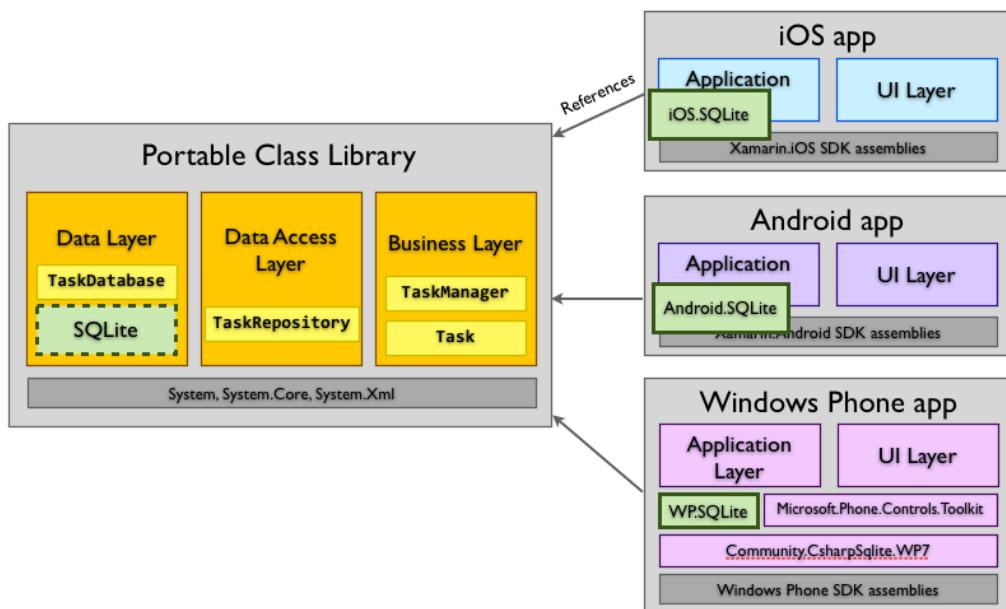
Xamarin projekat koristi Mono (open-source implementaciju .NET Framework-a) za izvršavanje C# kôda na Android i iOS operativnim sistemima. To znači da nema

prevođenja kôda koji programer direktno piše u različit kôd za različite platforme, već da se zaista isti C# kôd izvršava na više različitih platformi.

Postoje dva načina postizanja deljivosti kôda u definiciji samog projekta:

1. korišćenjem takozvanih Shared projekata
2. i korišćenjem PCL (Portable Class Library) projekata

Način dalje korišćen u ovom radu (i preporučeni način) je korišćenjem PCL projekata prikazanih na sledećoj slici.



Ovakav koncept izrade aplikacija je veoma interesantan. Naime, programer piše klasičnu .NET C# biblioteku koristeći Xamarin interfejse koju zatim drugi projekti (za specifične platforme) koriste. Dakle, programer nema nikakvu potrebu na menja projekte za specifične platforme, postoje samo jednostavna zavisnost između projekta za specifičnu platformu i PCL projekta.

Naravno, postoji mogućnost izmena projekata za različite platforme, čak i predefinisani načini u Xamarin biblioteci uz čiju pomoć je ovaj proces znatno olakšan.

Xamarin biblioteka ima odličnu dokumentaciju i veoma veliku podršku pošto je mnogo programera koristi. Iako je razvojno okruženje glomazno, stabilnost, podrška za statički pisan jezik – C#, performanse i mogućnosti biblioteke bile su presudan faktor u odluci autora ovog rada koju će biblioteku koristiti za razvoj aplikacije opisanu u ovom radu.

Za implementaciju aplikacije koja je prikazana u ovom radu i čija je svrha da prikaže mogućnosti Xamarin biblioteke, kao i da prikaže neke koncepte koje je

neophodno koristiti u razvoju cross-platform native mobilnih aplikacija korišćena je Xamarin biblioteka, Xamarin.Forms biblioteka za razvoj grafičkog interfejsa, programski jezik C# 6 i razvojno okruženje Microsoft Visual Studio 2015.

Sav kôd ovde prikazane aplikacije dostupan je na:

<http://github.com/nmilosev/PMF>

## 4. Motivacija za ovakav način razvoja mobilnih aplikacija

Važno je napomenuti koje su prednosti razvoja hibridnih tj. cross-platform nativnih mobilnih aplikacija, u poređenju sa razvijanjem posebnih aplikacija za sve platforme u za to predviđenim alatima.

Prva prednost je očigledno, deljenje kôda. Ukoliko bismo razvijali aplikaciju za tri ovde navedene mobilne platforme na tradicionalan način, tj. posebno za svaku platformu, morali bismo tri puta da pišemo kôd za svaku funkcionalnost. Takođe, morali bismo da koristimo tri različita programska jezika, što je druga prednost kod korišćenja biblioteke kao što je Xamarin – koristi se samo jedan programski jezik. Treća prednost je sam rad sa interfejsima aplikacije. Biblioteke kao što su Xamarin pružaju jedinstveni pristup mogućnostima uređaj za koji se razvija tako što definišu jedan interfejs za pristupanje nekoj komponenti (npr. kompasu) čija implementacija zavisi od platforme za koju se kompajlira aplikacija. Ukoliko bismo se odlučili da našu aplikaciju razvijamo na tradicionalan način – morali bismo da se upoznamo sa definicijom biblioteke za kompas (u ovom slučaju) za sve tri različite mobilne platforme – što nam oduzima dodatno vreme. Prednosti ima još, ovde su navedene samo neke – najvažnije.

S druge strane, ovakav pristup razvoju ima i mana:

- razvojno okruženje je veoma glomazno pošto mora da ima mogućnosti kompajliranja za mnogo različitih platformi
- interfejsi koje definišu biblioteke za cross-platform razvoj često kasne za nativnim bibliotekama mobilnih operativnih sistema, što znači da nekada može proći dosta vremena od uvođenja nove mogućnosti operativnog sistema do mogućnosti upotrebe te mogućnosti u samoj biblioteci
- gubi se potpuna kontrola nad kompajliranim kôdom što može dovesti do gubitka performansi
- pošto se biblioteka mora spakovati u paket mobilne aplikacije, često taj paket bude dosta veći u poređenju sa istom aplikacijom napisanom na tradicionalan način, što može odvratiti korisnike od preuzimanja
- vreme kompajliranja je često duže
- iako je nivo apstrakcije veoma veliki često je potrebno znanje detalja implementacije specifične platforme za koju se razvija

Ipak, i pored ovih mana, u trenutku pisanja ovog rada dosta biblioteka za cross-platform mobilne aplikacije se aktivno razvija što svedoči da je sve veći broj programera koji se odlučuju na ovakav pristup.

## 5. Kratka istorija Xamarin biblioteke

Kada je u junu 2000. godine kompanija Microsoft objavila prvu verziju .NET framework-a nekoliko programera je počelo na razvoju implementacije koja bi radila na Linux operativnom sistemu. Projekat je nazvan Mono<sup>[8]</sup> i zvanično je objavljen 19. jula 2001. godine. Mono projekat je kasnije bio razvijan od strane kompanija Novell i Attachmate kao delimično komercijalni alat, koje su 2011. godine napustile projekat.

U maju 2011. godine Miguel de Icaza, glavni Mono programer i osnivač samog projekta je osnovao novu kompaniju Xamarin i objavio da ponovo preuzima održavanje Mono projekta. Takođe je naglašeno da je fokus nove kompanije na mobilnim platformama. U tom trenutku biblioteke za razvoj Android i iOS aplikacija su se zvale MonoAndroid i MonoTouch.

Veliki napredak u razvoju i verziju 2.0 svoje biblioteke za razvoj Xamarin objavljuje u februaru 2013. godine. U isto vreme pojavljuje se i razvojno okruženje Xamarin Studio (zasnovano na MonoDevelop razvojnog okruženju) kao i svi potrebni alati za razvoj Android i iOS aplikacija u razvojnog okruženju Microsoft Visual Studio.

U narednom periodu broj programera koji koriste Xamarin biblioteku znatno raste i biblioteka postaje sve zrelija i moćnija.

U verziji 3 koja je objavljena u maju 2014. godine pojavljuje se i biblioteka Xamarin.Forms za definisanje grafičkog interfejsa aplikacije na jedinstven način za sve platforme.

Jedan od glavnih problema Xamarin biblioteke bila je cena. Cena korišćenja ove biblioteke bila je oko 3000 američkih dolara godišnje po programeru, što mnogi programeri nisu mogli da opravdaju, naročito što su čak i u tom trenutku postojala alternativna besplatna open-source rešenja.

U februaru 2016. godine u zvaničnom objavljenju navodi se da je kompanija Microsoft novi vlasnik kompanije Xamarin i svih prava na Xamarin biblioteke. Tačan iznos za koji je Microsoft kupio kompaniju Xamarin nije poznat.

Ubrzo nakon toga, na Microsoft Build 2016 konferenciji, Microsoft objavljuje da će cela Xamarin biblioteka biti potpuno besplatna za korišćenje i u potpunosti open-source pod MIT licencom. Takođe, Mono (open-source implementacija .NET framework-a) koji je takođe bio vlasništvo kompanije Xamarin, postaje ponovo u potpunosti open-source posle skoro 20 godina.

U trenutku pisanja ovog rada Xamarin je u potpuno besplatan i open-source alat koji se lako može preuzeti sa sajta <http://xamarin.com> ili uz besplatno razvojno okruženje Microsoft Visual Studio 2015 Community

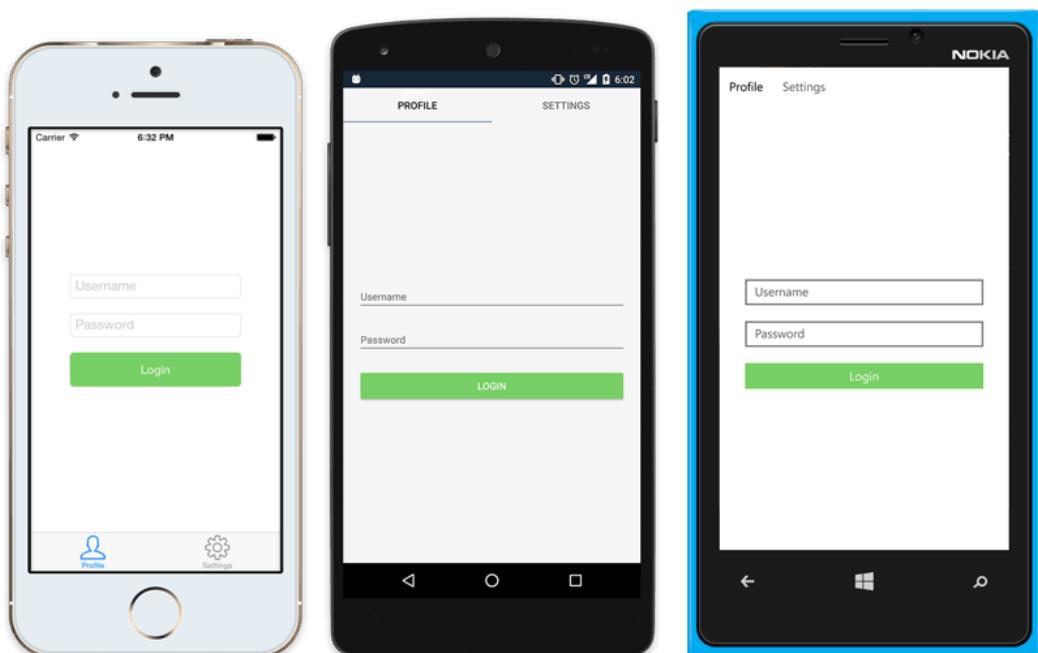
Aplikacije pisane korišćenjem Xamarin biblioteke mogu se bez naknade objavljivati na servisima kao što su Google Play Store, Apple AppStore ili Windows Store.

## 6. Xamarin.Forms biblioteka

Ukoliko bi se Xamarin biblioteka koristila samostalno, korisnički interfejs aplikacije morao bi biti implementiran za svaku platformu posebno. Rešenje ovog problema je upotreba Xamarin.Forms biblioteke.

Xamarin.Forms<sup>[9]</sup> biblioteka, korišćena u izradi aplikacije za studentske servise, je skup komponenti tj. mapiranja do nativnih komponenti na svakoj od podržanih platformi. Korišćenjem Xamarin.Forms komponenti, moguće je implementirati korisnički interfejs za sve odvojene platforme na jedinstveni način.

Xamarin.Forms biblioteka definiše komponente koje se pri kompajliranju prevode u nativne komponente. Na primer, `Entry` komponenta iz ove biblioteke će postati `UITextField` na iOS platformi, `EditText` na Android platformi i `TextBox` na Windows platformi kao što je prikazano na sledećoj slici:



Xamarin.Forms biblioteka je trenutno u razvoju, međutim zbog lakoće upotrebe, sve više programera se odlučuje da je koristi za nove projekte. Takođe, Xamarin.Forms biblioteka je trenutno veoma aktivno razvijana od strane Xamarin tima u nadi da će u budućnosti postati standard.

Osim predefinisanih komponenti, Xamarin.Forms biblioteka omogućava programerima da pišu i svoje komponente koje će raditi na svim podržanim platformama. Pored ovoga, moguće je čak i ubacivanje specifičnih nativnih komponenti u Xamarin.Forms interfejse ukoliko postoji takva potreba.

Većina Xamarin.Forms komponenti je dizajnirana na način da budu kompatibilne sa MVVM dizajn obrascem, tako da skoro sve podržavaju Data Binding na nekim svojim poljima.

Takođe, Xamarin.Forms biblioteka definiše skup interfejsa za pristup servisima operativnih sistema kao što su prikazivanje notifikacija, upotreba kamere i slično.

Glavna prednost Xamarin.Forms biblioteke je visok nivo apstrakcije. Programer ne mora da zna detalje implementacije komponenti na različitim platformama i komponente zaista rade isto na svim platformama.

Najinteresantniji aspekt Xamarin.Forms biblioteke je što omogućava definiciju korisničkog interfejsa u markup jeziku XAML.

## 6.1. XAML

XAML<sup>[10]</sup>, skraćeno eXtensible Application Markup Language, omogućava programerima da definišu korisnički interfejs i u potpunosti ga izdvoje od ostatka aplikacije. XAML je veoma moćan alat, pogotovo kad se koristi za implementaciju MVVM dizajn obrasca.

XAML je jezik zasnovan na XML jeziku koji je razvila kompanija Microsoft specifično za konstrukciju bogatih i komplikovanih korisničkih interfejsa. Osim u Xamarin.Forms biblioteci, XAML se koristi i za Desktop aplikacije (Windows Presentation Framework), Silverlight aplikacije i nove univerzalne Windows aplikacije.

XAML jezik ima mobućnosti kao što su instanciranje objekata, podešavanje njihovih parametara i laku manipulaciju sa parent-child odnosima.

Prednosti definisanja korisničkog interfejsa u XAML jeziku u poređenju sa definisanjem u čistom C# su mnoge:

- XAML je mnogo lakši za razumevanje i izuzetno pregleđan jezik
- pošto je baziran na XML jeziku, veoma je laka manipulacija sa kolekcijama, odnosima parent-child i slično
- XAML jezik je podržan od mnogih vizuelnih editora koji odmah mogu da prikažu kako će korisnički interfejs izgledati, često i bez kompajliranja

Naravno, postoje i neki nedostaci:

- XAML ne sme sadržati kôd poslovne logike, već se oslanja na događaje (eng. events) ili komande napisane u C# klasama
- XAML ne sadrži koncept petlji, već se prikazivanje kolekcija svodi na kombinaciju Data Binding-a i definisanja mustre (template) po kojoj će jedan objekat kolekcije biti prikazan

- XAML ne sadrži koncept naredbi grananja, ovo se takođe postiže uz pomoć Data Binding-a
- XAML ne zna kako da instancira klasu koja nema konstruktor bez parametara
- XAML nema mogućnost pozivanja metoda, već se ponovo, oslanja na Data Binding

U trenutku pisanja ovog rada vizualni dizajner za XAML kôd u Xamarin.Forms biblioteci je u ranoj fazi razvoja. Jedina „pomoć“ je tekstualni dizajner u Visual Studio alatu koji pomaže oko sintakse i definicije novih komponenti.

Svaki XAML fajl ima ekstenziju `.xaml` i radi zajedno sa jednom C# klasom koja u ovom slučaju ima isto ime kao XAML fajl i ekstenziju `.xaml.cs`

Na primer, jedna od stranica iz aplikacije za studentske servise:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<ContentPage xmlns="http://xamarin.com/schemas/2014/forms"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
    x:Class="PMF.Views.ContactPage"
    xmlns:i18n="clr-namespace: PMF.Dictionaries"
    xmlns:sys="clr-namespace:System;assembly=mscorlib"
    xmlns:maps="clr-namespace:PMF.CustomControls"
    BindingContext="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Contact}"
    Title="{i18n:Translate ContactTitle}">
<ScrollView>
    <StackLayout Orientation="Vertical"> ...
    </StackLayout>
</ScrollView>
</ContentPage>
```

i njena prateća C# klasa:

```
public partial class ContactPage : ContentPage
{
    public ContactPage()
    {
        InitializeComponent();
    }
}
```

XAML kôd i C# kôd zapravo predstavljaju jednu klasu koja je podeljena u dva fajla – ovo je moguće korišćenjem ključne reči `partial` u C# kôdu.

U XAML kôdu neophodno je navesti u potpunosti kvalifikovano ime klase, i XAML elemenat koji navodi ovo mora biti istog tipa kao i natkласа navedene C# klase.

U konstruktoru C# klase pozivom metoda `InitializeComponent` XAML fajl će se parsirati i napraviće se sva polja i podobjekti klase koji onda dalje mogu da se koriste.

C# klasa se u ovom slučaju često naziva code-behind klasa. U implementaciji MVVM dizajn obrasca, jedno od pravila je da se kôd iz code-behind klase u potpunosti

eliminiše. Razlog za ovo je što u ovom slučaju, [ContactPage](#) klasa definiše isključivo korisnički interfejs, a ne logiku same aplikacije koju bi trebalo da definiše odgovarajuća ViewModel klasa.

MVVM dizajn obrazac će detaljnije biti opisan u daljem tekstu.

## 7. Aplikacija za studentske servise

Cilj ovog rada je da prikaže razvoj jedne moderne cross-platform nativne mobilne aplikacije. Za ovu svrhu osmišljena je mobilna aplikacija za studentske servise Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Aplikacija ima sledeće mogućnosti i funkcionalnosti:

- prikaz vesti sa predviđenog web servisa
- prikaz rasporeda časova po danima i:
  - departmanima
  - smerovima
  - studijskim programima
  - semestrima
- detaljni prikaz studijskih programa osnovnih, master i doktorskih studija
- detaljni prikaz studijskih programa i njihovih obaveznih i izbornih predmeta i predmetnih nastavnika i asistenata
- pomoćnik pri odabiru izbornih i obaveznih predmeta kako bi se uklopili u prethodno određeni broj ESPB (eng. ECTS) – čarobnjak
- prikaz detalja i kontaktnih informacija predmetnih nastavnika i asistenata
- prikaz čestih pitanja i odgovora
- automatizovan kontakt studentske službe iz aplikacije
- mogućnost navigacije do Prirodno-matematičkog fakulteta pomoću eksterne aplikacije (Google Maps na Android platformi, Apple Maps na iOS platformi, Bing Maps na Windows platformi)

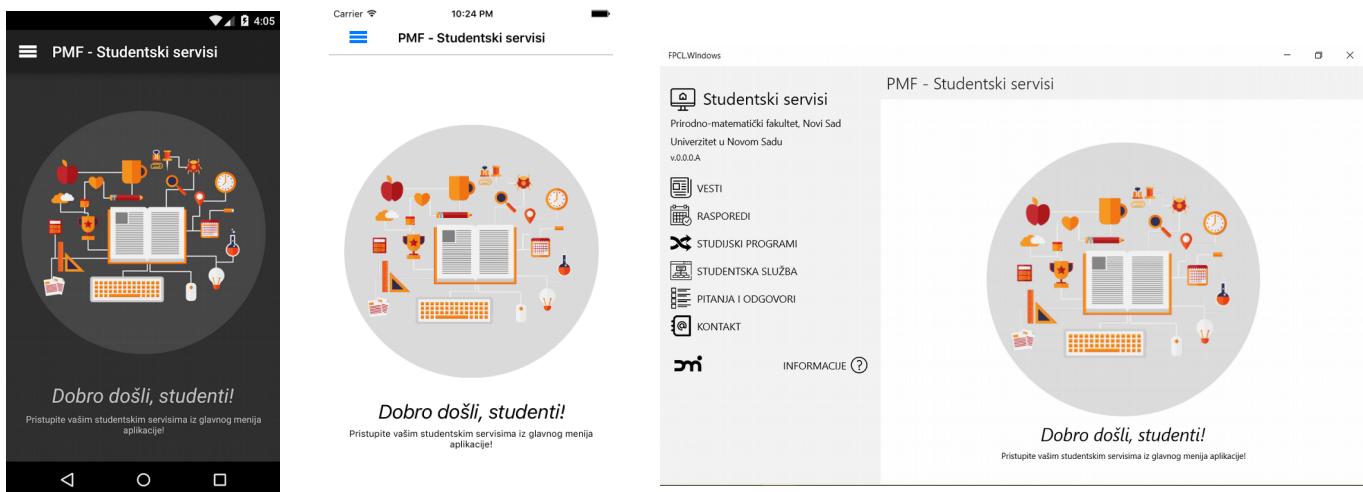
Na sledećem dijagramu slučajeva korišćenja (UML Use Case diagram) vide se mogućnosti aplikacije:



Korisnički interfejs aplikacije simuliran na sve tri platforme – Android 6.0 telefon, iOS 9.3 telefon, Windows 10 tablet:

*Nije prikazan celokupni interfejs aplikacije*

Početna strana:



Pregled vesti:



## Pregled detalja predmeta:

**Baze Podataka 1**

ESPB: 7

**Predmetni profesori**

- dr Miloš Racković  
redni profesor  
milos.rackovic@dmi.uns.ac.rs  
www.is.pmf.uns.ac.rs/rackovic

**Predmetni asistenti**

- dr Jovana Vidaković  
redni profesor  
jovana@dmi.uns.ac.rs  
www.is.pmf.uns.ac.rs/vidakovic

**Cilj predmeta**

Osnovno osposobljavanje studenata za projektovanje, kreiranje i korišćenje (SQL upiti) relacionog modela baze podataka, kao i za savladavanje principa funkcionisanja SUBP-a.

**Baze Podataka 1**

ESPB: 7

**Predmetni profesori**

- dr Miloš Racković  
redni profesor  
milos.rackovic@dmi.uns.ac.rs  
www.is.pmf.uns.ac.rs/rackovic

**Predmetni asistenti**

- dr Jovana Vidaković  
redni profesor  
jovana@dmi.uns.ac.rs  
www.is.pmf.uns.ac.rs/vidakovic

**Cilj predmeta**

Osnovno osposobljavanje studenata za projektovanje, kreiranje i korišćenje (SQL upiti) relacionog modela baze podataka, kao i za savladavanje principa funkcionisanja SUBP-a.

## Pregled rasporeda časova:

**Raspored časova - informatika treća...**

UTORAK	SREDA	ČETVRAK
<b>Baze podataka 1</b> dr Miloš Racković	Predavanje	
RC 59/3 - treći sprat	14:15 - 17:00	
<b>Operativni Sistemi 1</b> dr Zoran Budimac	Praktične vežbe	
RC 59/3 - treći sprat	18:00 - 19:30	
<b>Razvoj zasnovan na komponentama</b> dr Srdan Škrbić	Vežbe	
RC 10	18:00 - 19:30	

**Raspored časova - informatika 3. godina**

Ponedeljak	Utorak	Sreda	Četvrtak	Petak
<b>Baze podataka 1</b> dr Miloš Racković	Predavanje			
RC 59/3 - treći sprat	14:15 - 17:00			
<b>Operativni Sistemi 1</b> dr Zoran Budimac	Praktične vežbe			
RC 59/3 - treći sprat	18:00 - 19:30			
<b>Razvoj zasnovan na komponentama</b> dr Srdan Škrbić	Vežbe			
RC 10	18:00 - 19:30			

## Pregled detalja aplikacije:

**PMF - Informacije**

**PMF - Studentski servisi**

Aplikacija za studentske servise  
Departman za matematiku i informatiku  
v.0.0.0.A

**Autor: Nemanja Milošević**

Master rad na temu: Razvoj cross-platform native mobilnih aplikacija u programskom jeziku C#

**Xamarin**  
**.NET Foundation**  
**C#**  
**mono**  
**fedora**

Slike i vektori preuzeti sa sajtova flaticon i freepik.  
Svi logotipovi korisjeni su vlasništvo njihovih kompanija.  
Sva prava zadržana.

**PMF - Informacije**

**PMF - Studentski servisi**

Aplikacija za studentske servise  
Departman za matematiku i informatiku  
v.0.0.0.A

**Autor: Nemanja Milošević**

Master rad na temu: Razvoj cross-platform native mobilnih aplikacija u programskom jeziku C#

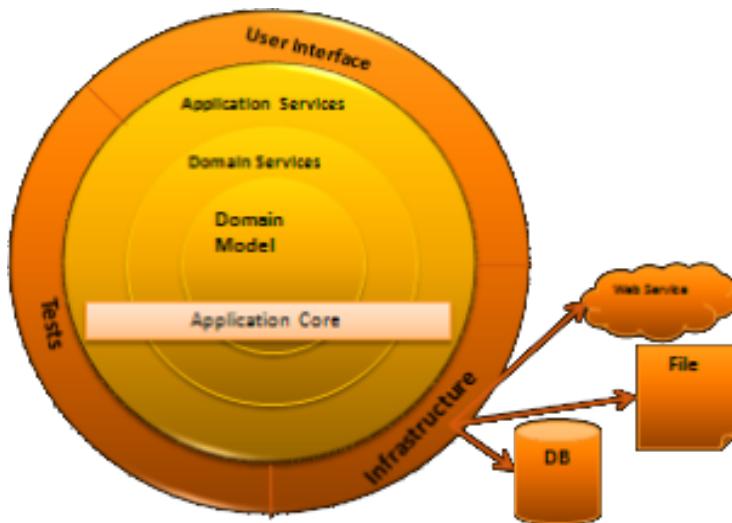
**Xamarin**  
**.NET Foundation**  
**C#**  
**mono**  
**fedora**

Slike i vektori preuzeti sa sajtova flaticon i freepik.  
Svi logotipovi korisjeni su vlasništvo njihovih kompanija.  
Sva prava zadržana.

## 7.1. Korišćene tehnologije, biblioteke i dizajn obrasci

U ovom poglavlju biće opisane tehnologije, open-source biblioteke i dizajn obrasci koji su korišćeni u razvoju aplikacije.

### 7.1.1. Onion arhitektura



Za razvoj ovde prikazane aplikacije korišćena je Onion arhitektura<sup>[11]</sup>. Onion arhitektura je relativno nov pristup strukturiranju aplikacije koji je veoma sličan tradicionalnim slojevitim aplikacijama. Ovakav pristup odlikuje visok nivo apstrakcije, a glavna razlika u odnosu na tradicionalni slojeviti pristup je što najniži sloj aplikacije nije sloj baze podataka kao što je često slučaju u tradicionalnom slojevitom pristupu, već je osmišljen nov koncept najnižeg sloja koji je nazvan jezgro (eng. Core) aplikacije.

U ovom sloju aplikacije nalaze se klase koje opisuju tipove podataka sa kojima aplikacija radi i svi interfejsi aplikacije, dok je baza podataka u najvišem (spoljašnjem) sloju aplikacije i lako se može zameniti drugom bazom podataka ili drugom vrstom servisa za skladištenje podataka. Klase i interfejsi u ovom sloju su veoma jednostavnii, na primer, klasa koja opisuje predmetnog nastavnika ili asistenta:

```

public class Staff
{
    public string Id { get; set; }
    public string FirstName { get; set; }
    public string LastName { get; set; }
    public string Title { get; set; }
    public string Description { get; set; }
    public string Vocation { get; set; }

    public string URL { get; set; }
    public string Email { get; set; }

    public string ImageURL { get; set; }

    public string FullName => string.Join(" ", Title, FirstName, LastName);

    public List<Subject> Subjects { get; set; }
}

```

U ovom sloju su definisani i interfejsi aplikacije kao što je na primer interfejs za Web servis sa studijskim programima:

```

public interface IProgramsSource : InterfaceBase
{
    Task<List<Program>> ForDepartment(int departmentId, string langCode);

    Task<Program> ForId(int programId, string langCode);
}

```

Takođe, svi interfejsi aplikacije koji rade sa podacima nasleđuju interfejs [InterfaceBase](#):

```

public interface InterfaceBase
{
    bool RequireConnection { get; }

    bool IsAvailable { get; }

    bool IsDataValid { get; }
}

```

koji definiše neke zajedničke osobine kao što su: da li je potrebna internet konekcija za funkcionisanje, da li je servis dostupan, i da li su podaci trenutno u memoriji validni.

Sloj koji je oko sloja jezgra aplikacije je sloj sa servisima koji rade nad tim podacima. Važno je napomenuti da se u ovom sloju ne nalazi poslovna logika aplikacije već samo operacije koje rade nad običnim (POCO – Plain Old CLR Object) objektima

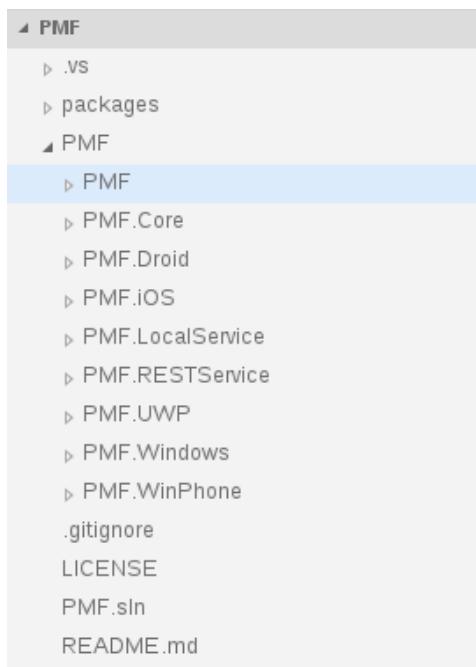
jezgra aplikacije i koje ne znaju ništa o logici aplikacije. Svrha ovog sloja je da omogući programerima još jedan stepen apstrakcije između podataka i sloja poslovne logike.

Sloj koji je oko sloja servisa domena aplikacije je sloj sa poslovnom logikom. U ovom sloju su implementirane operacije koje rade sa podacima kao i sve druge operacije koje nekako imaju vezu sa njima ili nekako manipulišu sa podacima.

U najvišem sloju su moduli za korisnički interfejs, bazu podataka, testove i drugo. Svrha ovakve raspodele je da se ove komponente mogu lako zameniti bez potrebe da se menjaju delovi iz jezgra aplikacije.

## 7.2. Struktura kôda aplikacije

U ovom poglavlju biće opisana struktura projekta aplikacije. Za ovu aplikaciju korišćen je jedan od predviđenih načina razvoja Xamarin aplikacija kao PCL<sup>[12]</sup> (Portable Class Library). U ovakovom načinu, sav deljeni kôd aplikacije se kompajlira u jednoj portabilnoj biblioteci koja se zatim koristi u projektima specifičnim za razne platforme. Ovaj veoma interesantan pristup pisanju aplikacije kao biblioteke znači da programer sav kôd piše kao jednu biblioteku koju zatim jednostavno prosleđuje različitim aplikacijama za različite platforme. U tim aplikacijama često je samo jedna linija kôda koja učitava biblioteku i pokreće njen predviđeni glavni metod. U skladu sa ovim, i Onion arhitekturom, aplikacija je podeljena na 9 odvojenih projekata:

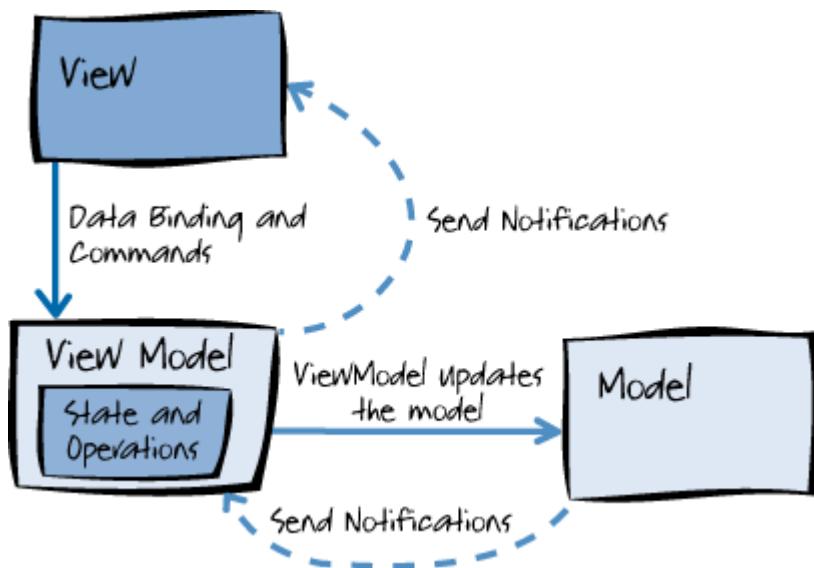


- **PMF.Core** projekat predstavlja jezgro aplikacije i kompajlira se kao portabilna biblioteka. U ovom projektu se nalaze modeli iz domena aplikacija i svi interfejsi koji se koriste kroz aplikaciju.

- **PMF.LocalService** je takođe portabilna biblioteka u kojoj se nalaze lokalne implemetacije web servisa koje služe za testiranje aplikacije na test podacima. U ovom projektu se nalaze servisi za vesti, studijske programe, predmete i drugi, a implementirani su pomoću asinhronih operacija koje mogu da simuliraju zastoje na mreži i gubitak mreže u potpunosti.
- **PMF.RESTService** je takođe implementacija interfejsa servisa za pristup podacima kao i PMF.LocalService ali koji koristi prave RESTful web servise za pristup bazi podataka.
- **PMF.Droid, PMF.iOS, PMF.UWP, PMF.WinPhone, PMF.Windows** su specifični projekti za različite platforme. U ovim projektima se nalaze aplikacije koje se kompajliraju za različite platforme. Uglavnom sadrže resurse koji moraju biti specifično napravljeni za specifične platforme (npr. slike) i samo jednu glavnu klasu aplikacije koja učitava glavnu portabilnu biblioteku:
- **PMF** – glavna biblioteka aplikacije u kojoj se nalazi sva poslovna logika i logika korisničkog interfejsa koju dele sve aplikacije za različite platforme.

### 7.3. MVVM dizajn obrazac

Za implementaciju glavne PMF biblioteke koju koriste sve druge platforme korišćen je MVVM obrazac<sup>[13]</sup>.

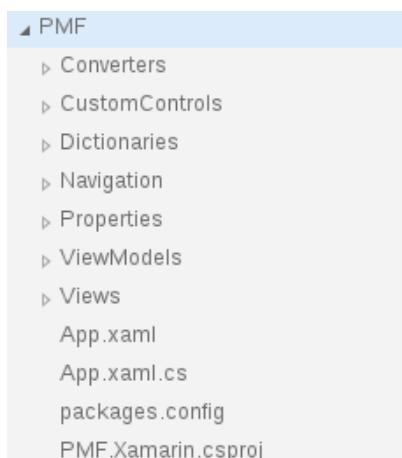


MVVM obrazac je veoma sličan MVC obrascu sa glavnom razlikom da uvodi koncept Data Binding-a. MVVM aplikacije pružaju dobru podelu između različitih slojeva aplikacije i drže se principa da jedan deo aplikacije treba da radi samo jednu stvar i da je radi nezavisno od drugih delova. MVVM aplikacije se sastoje od tri dela:

- Model – sve klase domena

- View – klase korisničkog interfejsa, često pisane u markup jeziku (uglavnom XAML) koji podržava sintaksu za lak Data Binding
- ViewModel – klase koje služe za povezivanje Model i View klase. Česta implementacija je da jedna View klasa ima tačno jednu ViewModel klasu i prikazuje podatke koje ta ViewModel klasa sadrži. ViewModel klase takođe sadrže detalje kao što su navigacija između drugih View klase i slično. ViewModel klase podatke čuvaju u C# property-ima (poljima sa geterima i seterima) koji imaju mogućnost da obaveste View klasu ukoliko dođe do izmene njihove vrednosti kao i da automatski obrade promene vrednosti na View klasi. Ovo se postiže implementacijom .NET [INotifyPropertyChanged](#) interfejsa.

Za primenu MVVM obrasca uglavnom se koristi već postojeća biblioteka. Za ovaj projekat odabrana je MVVMLight biblioteka zbog jednostavnosti upotrebe i kompatibilnosti sa Xamarin projektima. Takođe, biblioteka je besplatna i open-source. U skladu sa MVVM dizajn obrascem, struktura projekta glavne PMF biblioteke je sledeća:



U Views i ViewModels paketima nalaze se odgovarajuće View i ViewModel klase. U Converters i CustomControls paketima nalaze se elementi za rad sa XAML jezikom koji će biti opisani kasnije. U Dictionaries paketu nalaze se rečnici za lokalizaciju, a u Navigation paketu elementi za navigaciju između ekranskih formi aplikacije. Na kraju, u Properties paketu nalaze se informacije o samoj biblioteci koje koristi kompjajler.

U ovom projektu ne postoji deo sa domenskim klasama pošto se one koriste iz PMF.Core biblioteke. Svi elementi korisničkog interfejsa se nalaze u Views paketu (namespace) i svi su implementirani u XAML markup jeziku.

Za razmenu podataka između View i ViewModel klasa koristi se Data Binding. Data Binding je koncept vezivanja elemenata korisničkog interfejsa direktno sa property-ima C# klase. Na primer, u delu aplikacije sa često postavljenim pitanjima i odgovorima u ViewModel klasi postoji kolekcija objekata koji sadrže pitanja i odgovore i koja se zove FAQ:

```

private ObservableCollection<QA> _faqItems;
public ObservableCollection<QA> FAQ
{
    get
    {
        if (_faqItems == null)
            Refresh();
        return _faqItems;
    }
    set
    {
        _faqItems = value;
        RaisePropertyChanged();
    }
}

```

Ovaj property koristi XAML klasa [FAQPage.xaml](#) kako bi prikazala ove objekte (samo deo prikazan):

```

<ListView VerticalOptions="FillAndExpand" SeparatorVisibility="None" ItemsSource="{Binding FAQ}"
<ListView.ItemTemplate>
    <DataTemplate>
        <ViewCell>
            <StackLayout Padding="10" VerticalOptions="FillAndExpand" HorizontalOptions="FillAndExpand">
                <Grid Padding="2" RowSpacing="2" ColumnSpacing="2" VerticalOptions="FillAndExpand" HorizontalOptions="FillAndExpand">
                    <Grid.BackgroundColor>
                        <OnPlatform x:TypeArguments="Color" Android="{x:Static i18n:Colors.AndroidDarkGray}">
                            </OnPlatform>
                    </Grid.BackgroundColor>
                    <Grid.GestureRecognizers>
                        <TapGestureRecognizer />
                    </Grid.GestureRecognizers>
                </Grid>
            </StackLayout>
        </ViewCell>
    </DataTemplate>
</ListView>

```

Važno je napomenuti da se na ovakav način ne mešaju detalji implementacije korisničkog interfejsa (koji se nalaze u XAML kôdu) i same logike aplikacije koja se nalazi u ViewModel klasi.

Prednosti korišćenja MVVM dizajn obrasca u dizajnu aplikacija sa bogatim korisničkim interfejsom su mnoge:

- lakše odvojeno testiranje komponenti – testiranje XAML stranica bez pravih podataka, kao i testiranje ViewModel klasa bez korisničkog interfejsa
- potpuno odvajanje odgovornosti klasa
- lak redizajn korisničkog interfejsa za različite platforme, ukoliko je potrebno
- lakše održavanje aplikacije zbog dobro strukturiranog kôda
- mogućnost podele programerskih timova na front-end i back-end razvoj

ali postoje i mane:

- neisplativo za male aplikacije, pošto se piše dosta dodatnog kôda

- sporiji razvoj

Ipak, za ozbiljnije i kompleksnije aplikacije, MVVM je standardni pristup struktuiranju i razvoju aplikacija.

Takođe, neke delove aplikacije bi bilo nemoguće implementirati pomoću XAML i Data Binding mogućnosti jer Xamarin biblioteka ne predviđa da neke komponente budu korišćene na takav način. Zbog toga je bilo potrebno implementirati dodatne komponente koje se zasnivaju na Xamarin komponentama. U nastavku rada biće prikazana jedna ovakva komponenta – [PinMap](#).

## 7.4. Inversion of Control (IoC)

Kada se implementira cross-platform nativna mobilna aplikacija, veoma je važno da komponente budu slabo povezane i što apstraktnije. Zbog ovoga je veoma interesantan pristup inverzije kontrole (Inversion of Control<sup>[14]</sup>) i Dependency Injection dizajn obrazac.

Koncept je veoma jednostavan. Umesto da imamo objekte koji kreiraju druge objekte i njihove zavisne objekte, dizajniramo klase tako da ne zavise od mesta na kojem su napravljene i same definišu svoje zavisne objekte. Na ovaj način se kontrola kreiranja objekata premešta iz nadobjekata koji su tradicionalno pravili sve objekte aplikacije u same objekte koji se instanciraju. Ovo omogućava čistiji dizajn i mnogo uredniju strukturu samog kôda.

Implementacija Dependency Injection dizajn obrasca koji je samo jedan od načina za postizanje inverzije kontrole je takođe veoma jednostavna, sve klase po ovom dizajn obrascuu koriste isključivo interfejse za vezu sa drugim objektima koji se lako mogu zameniti po potrebi.

Za implementaciju Dependency Injection dizajn obrasca uglavnom se koristi spoljašnja biblioteka. U ovoj aplikaciji korišćena je SimpleIoc biblioteka kao deo MVVMLight biblioteke.

Ovde je prikazan deo implementacije koji koristi ovu biblioteku.

```
private void SetupIoc()
{
    ServiceLocator.SetLocatorProvider(() => SimpleIoc.Default);

    SimpleIoc.Default.Register<Navigation.Navigator>(true);

    SimpleIoc.Default.Register<INewsSource, LocalNewsSource>();
    SimpleIoc.Default.Register<IScheduleSource, LocalScheduleSource>();
    SimpleIoc.Default.Register<ISubjectsSource, LocalSubjectsSource>();

    SimpleIoc.Default.Register<IFAQSource, LocalFAQSource>();

    SimpleIoc.Default.Register<IDepartmentsSource, LocalDepartmentSource>();

    SimpleIoc.Default.Register<IProgramsSource, LocalProgramsSource>();
}
```

U metodu `SetupIoc` se povezuju interfejsi sa konkretnim implementacijama. Ovo znači da kada bilo koja klasa u aplikaciji zatraži, npr. `IFAQSource` implementaciju, dobiće instancu `LocalFAQSource` klase.

```
public FAQViewModel()
{
    _faq = SimpleIoc.Default.GetInstance<IFAQSource>();
}
```

Na primer, u konstruktoru `FAQViewModel` klase nam je potrebna instanca servisa za česta pitanja i odgovore i tu koristimo IoC kontejner da dobijemo konkretnu implementaciju. Na ovaj način nikada sami ne kreiramo objekte, već puštamo kontejner da to uradi za nas i da se stara da uvek dobijamo objekat koji želimo da dobijemo.

Zbog jednostavnosti upotrebe, `SimpleIoc` biblioteka i generalno koncept inverzije kontrole je veoma koristan za kreiranje singleton objekata (singleton objekat je objekat koji uvek ima tačno jednu instancu), te se u ovoj aplikaciji koristi i za kreiranje ViewModel klase (samo deo prikazan):

```
public ViewModelLocator()
{
    SimpleIoc.Default.Register<MainViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<MenuViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<ContactViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<NewsViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<ScheduleViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<ScheduleDetailsViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<SubjectViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<FAQViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<ProgramsViewModel>();
    SimpleIoc.Default.Register<WizardViewModel>();
}

public MainViewModel Main => ServiceLocator.Current.GetInstance<MainViewModel>();
```

a takođe i za `ViewLocator` klasu koja služi za lociranje View objekata:

```
public class ViewLocator
{
    public ViewLocator()
    {
        SimpleIoc.Default.Register< MainPage>();
        SimpleIoc.Default.Register< ContactPage>();
        SimpleIoc.Default.Register< AboutPage>();
        SimpleIoc.Default.Register< WelcomePage>();
        SimpleIoc.Default.Register< MenuPage>();

        SimpleIoc.Default.Register< NewsPage>();
        SimpleIoc.Default.Register< NewsArticlePage>();

        SimpleIoc.Default.Register< SchedulePage>();
        SimpleIoc.Default.Register< ScheduleDetailsPage>();

        SimpleIoc.Default.Register< SubjectPage>();

        SimpleIoc.Default.Register< FAQPage>();
    }
}
```

Ovo umnogome olakšava rad sa kompleksnim View i ViewModel klasama kojih ima mnogo. Takođe, klase `ViewModelLocator` i `ViewLocator` su napisane na takav način da se mogu koristiti direktno bilo gde iz kôda čak i iz XAML fajlova.

## 7.5. Resursi aplikacije

Kada se razvija ovakav tip aplikacije, česta je potreba da se definišu globalni resursi aplikacije. Ovo mogu biti razni pomoćni objekti koji se koriste kroz celu aplikaciju. Koncept inverzije kontrole prikazan u prošlom poglavljju nam donekle može pomoći, međutim ostaje problem lociranja samih „lokator“ klasa koje se negde moraju definisati.

Po konvenciji (generalno u .NET aplikacijama koje koriste XAML) ovo je `App.xaml` fajl.

`App.xaml` fajl i propratna `App.xaml.cs` klasa su glavna ulazna tačka aplikacije i mogu sadržati definiciju resursa aplikacije. Pri kompajliranju `App.xaml` klase, klase koje su navedene kao resursi biće instancirane sa podrazumevanim konstruktorima i smeštene u memoriju. Odatle će im biti veoma lako pristupiti bilo gde iz aplikacije, bilo iz C# klase ili XAML klase.

Sadržaj `App.xaml` fajla:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<Application xmlns="http://xamarin.com/schemas/2014/forms"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
    x:Class="PMF.App"
    xmlns:views="clr-namespace: PMF.Views"
    xmlns:vm="clr-namespace: PMF.ViewModels"
    xmlns:conv="clr-namespace: PMF.Converters">

    <Application.Resources>
        <ResourceDictionary>
            <views:ViewLocator x:Key="ViewLocator"/>
            <vm:ViewModelLocator x:Key="ViewModelLocator" />
            <conv:IntToDayNameConverter x:Key="dayNameConverter"/>
            <conv:ScheduleItemTypeToTypeNameConverter x:Key="scheduleItemTypeConverter"/>
        </ResourceDictionary>
    </Application.Resources>

</Application>
```

Resursi se definišu u `Application.Resources` promenljivi koristeći se posebnim rečnikom sa parovima ključ i vrednost. Naravno ovde se navode samo željeni ključevi, dok će vrednosti biti instance objekata. Oviminstancama objekata kasnije se pristupa na veoma jednostavan način:

```
private Views.ViewLocator _viewLocator = (Application.Current.Resources["ViewLocator"] as Views.ViewLocator);
```

ili iz XAML kôda:

```
xmlns:i18n="clr-namespace: PMF.Dictionaries"
BindingContext="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Programs}"
Title="{i18n:Translate PickDepartment}">
```

sa ključnom reči `StaticResource` i navedenim ključem.

## 7.6. Navigacija

Kada se razvijaju MVVM aplikacije, bilo mobilne ili desktop, veoma velik problem je navigacija između raznih ekranskih formi. Problem je što po principima MVVM obrasca, View klase ne bi trebalo da znaju ništa o postojanju drugih View klasa, a ni o ViewModel klasi za koju su vezane. Takođe, česta je diskusija o tome gde bi trebalo smestiti deo kôda koji će raditi navigaciju da li u ViewModel klasu, ili u View klasu. Implementacija zavisi od programera do programera, često se pojavljuju rešenja gde će cela aplikacija biti implementirana po MVVM principu bez navigacije, koja će biti naknadno dodata kao klasičan event-driven deo aplikacije. Autor ovog rada je ostao pri poštovanju MVVM principa usled mišljenja da se poštovanjem ovog principa postiže dobar način navigacije kroz aplikaciju.

Važno je napomenuti da je aplikacija za studentske servise Master-Detail aplikacija. To znači da postoje dve centralne komponente aplikacije Master strana, koja se nikada ne menja (u ovom slučaju to je glavni meni aplikacije) i Detail strana koja prikazuje sadržaj. Implementacija se lako vidi u fajlu `MainPage.xaml`:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<MasterDetailPage xmlns="http://xamarin.com/schemas/2014/forms"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
    x:Class="PMF.Views.MainPage"
    xmlns:local="clr-namespace:PMF.Views"
    DetailPage="{Binding WelcomePage, Source={StaticResource ViewLocator}}"
    MasterPage="{Binding MenuPage, Source={StaticResource ViewLocator}}">
</MasterDetailPage>
```

Ova implementacija se oslanja na `MasterDetailPage` klasu iz Xamarin.Forms biblioteke.

Donekle, ovo olakšava navigaciju. Ukoliko imamo referencu na glavnu stranu (koju lako možemo dobiti pomoću `ViewLocator` klase) možemo da pristupimo `DetailPage` polju i da ga promenimo instancom željene strane – koju takođe možemo dobiti iz `ViewLocator` klase. Implementirana je odvojena klasa `Navigator` čija jedina svrha je da navigira između stranica aplikacije. Na primer, kôd za navigaciju sa jedne stranice na drugu:

```
public void Navigate(Type pageType)
{
    var page = SimpleIoc.Default.GetInstance(pageType) as Page;
    _viewLocator.MainPage.Detail = new NavigationPage(page);
}
```

Kao parametar se šalje tip tj. klasa stranice koju želimo da prikažemo korisniku. Ovo je pogotovo korisno jer ne ostavljamo mesta za greške, u poređenju da se na primer ime strane prosledi kao string. Takođe, SimpleIoc biblioteka ima metod koji

za prosleđeni tip klase vraća njenu implementaciju, što dovodi do veoma jednostavne implementacije.

Kada neka stranica želi da navigira na drugu stranicu, tj. kada korisnik naznači da želi da ode na neku drugu stranicu na primer klikom na dugme, tada stranica kroz komandu na svom ViewModel-u javlja **Navigator** klasi da uradi navigaciju. Na primer za otvaranje detalja predmeta u aplikaciji:

```
if (subjectsData.IsValid)
{
    SimpleIoc.Default.GetInstance<SubjectViewModel>().Current = s;
    SimpleIoc.Default.GetInstance<Navigator>().NavigateModal(typeof(Views.SubjectPage));
}
else
{
    UserDialogs.Instance.ErrorToast("Error".Localize(), "SubjectLoadError".Localize(), 1500);
}
```

Pre samog poziva za navigaciju, potrebno je i osvežiti odgovarajuću ViewModel klasu kako bi podaci bili ažurni.

## 7.7. Lokalizacija

Aplikacija za studentske servise je lokalizovana na više jezika: srpski (ćirilica i latinica), engleski i mađarski. Ovo se postiže nekorišćenjem eksplisitno definisanih string-ova (hard-coded strings) u korisničkom interfejsu, već korišćenjem rečnika pojmoveva za svaki jezik pojedinačno.

Xamarin biblioteka podržava lokalizaciju aplikacija. Koriste se standardni .NET rečnici resursa (.resx) fajlovi koji se zatim kompajliraju u C# klase sa konstantama. Na primer, deo rečnika za engleski jezik u ResX formatu:

```
<data name="DefaultTitle" xml:space="preserve">
    <value>PMF - Student Services</value>
</data>
<data name="Description" xml:space="preserve">
    <value>Application for Student Services</value>
</data>
<data name="DMI" xml:space="preserve">
    <value>Department of Mathematics and Informatics</value>
</data>
<data name="DMILink" xml:space="preserve">
    <value>http://www.dmi.rs</value>
</data>
<data name="Error" xml:space="preserve">
    <value>Error!</value>
</data>
<data name="FAQError" xml:space="preserve">
    <value>Greška prilikom učitavanja pitanja i odgovora. Pokušajte ponovo kasnije...</value>
</data>
<data name="FAQTitle" xml:space="preserve">
    <value>F.A.Q.</value>
</data>
```

i odgovarajuća C# klasa:

```

/// <summary>
/// Looks up a localized string similar to PMF - Student Services.
/// </summary>
internal static string DefaultTitle {
    get {
        return ResourceManager.GetString("DefaultTitle", resourceCulture);
    }
}

/// <summary>
/// Looks up a localized string similar to Application for Student Services.
/// </summary>
internal static string Description {
    get {
        return ResourceManager.GetString("Description", resourceCulture);
    }
}

```

ResX rečnici se mogu definisati u samom XML-u ili kroz vizuelni alat koji se nalazi u razvojnom okruženju. Za ključeve se korišćeni termini na engleskom jeziku, pošto se oni zapravo koriste u kôdu aplikacije koji je na engleskom jeziku.

Nažalost, osim podrške za kompajliranje ResX rečnika, Xamarin biblioteka nam ne pruža mnogo naprednih mogućnosti za korišćenje istih, te su zbog toga morale biti implementirane dodatne pomoćne klase. Pri implementaciji ovih dodatnih klasa vodilo se računa da budu kratke, efikasne i da se mogu ponovo koristiti u budućim projektima.

Autor ovog teksta se ovde odlučio za upotrebu jedne od moćnijih mogućnosti C# programskog jezika – ekstenzione metode. Ekstenzioni metodi (Extension Method) su metodi koji se mogu „prilepiti“ na klasu bez da se ona nasledi i ponovo instancira. Prirodno je bilo napraviti ovakav metod za string klasu koji može da lokalizuje bilo koji ključ, i koji za na koji jezik treba da ga prevede:

```

public static string _translate(string key)
{
    if (string.IsNullOrEmpty(key))
        return string.Empty;

    var translation = ResourceManager.GetString(key, CultureInfo);

    if (translation != null)
        return translation;
    else
        return ERROR;
}

public static string Localize(this string key)
{
    return _translate(key);
}

```

Dakle, sve što je potrebno da bi se lokalizovala vrednost je da se pozove `Localize` metod nad nekom string promenljivom. Na primer:

```
if (departments.IsValid)
    SimpleIoc.Default.GetInstance<Navigator>().Navigate(typeof(Views.DepartmentsPage));
else
    UserDialogs.Instance.ErrorToast("Error".Localize(), "ProgramsError".Localize(), 1500);
```

Ovaj metod se može pozvati i na samoj definiciji string-a, kao što je ovde i prikazano.

`Translator` klasa se stara da lokalizacija bude na predviđenom jeziku i da program nastavi svoje izvršavanje čak i ako ne postoji prevedena vrednost ključa.

Naravno, većina elemenata koje je bilo potrebno prevoditi na razne jezike se nisu nalazili u C# kôdu već u XAML kôdu gde je i definisan korisnički interfejs.

Za korišćenje `Translator` klase iz XAML kôda bilo je takođe potrebno implementirati i ekstenziju samog XAML jezika za markiranje. Naravno, moguća je i jednostavnija implementacija, ali ovakav način je ispravan sa aspekta čistoće kôda i daleko najfleksibilnija opcija.

Ekstenzije se u XAML kôdu definišu implementacijom specijalnog interfejsa `IMarkupExtension`:

```
[ContentProperty("Value")]
public class Translate : IMarkupExtension
{
    public string Value { get; set; }

    public object ProvideValue(IServiceProvider serviceProvider)
    {
        return Value.Localize();
    }
}
```

Takođe je potrebno naglasiti da ova ekstenzija radi sa vrednostima, a ne sa samim delovima XAML kôda. Kada je ovakva ekstenzija napravljena, veoma je lako koristiti naš `Translator.Localize` metod bilo gde iz XAML kôda. Prvo se mora definisati upotreba same ekstenzije, a za to je dovoljno samo da kažemo u kojem se paketu (namespace) nalazi. Ovo se najčešće radi u prvom elementu stranice, jer onda svi podelementi nasleđuju tu definiciju:

```
<ContentPage xmlns="http://xamarin.com/schemas/2014/forms"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
    xmlns:i18n="clr-namespace: PMF.Dictionaries"
    BindingContext="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Menu}"
    x:Class="PMF.Views.MenuPage"
    Icon="menu.png"
    Title="Master">
```

*Napomena: svuda je korišćeno ime „i18n“ kao univerzalna programerska oznaka za internacionalizaciju kôda tj. lokalizaciju (18 je broj slova u engleskoj reči internationalization između prvog „i“ i poslednjeg „n“)*

Zatim se ekstenzija može koristiti bilo gde u kôdu korišćenjem [i18n:Translate](#) direktive:

```
<StackLayout Orientation="Horizontal">
    <StackLayout.GestureRecognizers>
        <TapGestureRecognizer Command="{Binding WelcomeCommand}"/>
    </StackLayout.GestureRecognizers>
    <StackLayout.Margin>
        <OnPlatform x:TypeArguments="Thickness" WinPhone="5,20,0,0" Android=>
    </StackLayout.Margin>
    <Image Source="home.png" WidthRequest="36" HeightRequest="36" />
    <Label FontSize="24" Text="{i18n:Translate Title}" Margin="5,0,0,0" />
</StackLayout>
<Label Margin="5,0,0,0" FontSize="14" Text="{i18n:Translate PMFName}"/>
<Label Margin="5,0,0,0" FontSize="14" Text="{i18n:Translate UNS}"/>
<Label Margin="5,0,0,0" FontSize="12" Text="{i18n:Translate Version}"/>
```

## 7.8. Ekstenzije XAML komponenti

Pored ove ekstenzije za lokalizaciju, u razvoju aplikacije bilo je potrebno implementirati dodatne XAML komponente koje se oslanjaju na Xamarin-ove implementacije.

Razlog za ovo je što je Xamarin.Forms biblioteka još uvek u razvoju i neke funkcionalnosti nisu moguće ukoliko se koristi XAML kôd za definiciju interfejsa. U ovakvim slučajevima postoje samo dva rešenja: implementacija celog korisničkog interfejsa u C# kôdu, ili definicija dodatnih komponenti.

Ovakvi problemi se uglavnom odnose na nemogućnost korišćenja Data Binding-a (pa ni MVVM obrasca) na neke promenljive već postojećih komponenti, što veoma narušava strukturu i dizajn kôda aplikacije.

### 7.8.1. Implementacija PinMap komponente

U Xamarin biblioteci postoji `Map` komponenta koja predstavlja geografsku mapu. Velika prednost ove komponente je što radi na svim mobilnim uređajima nezavisno od platforme, tj. povezuje se na odgovarajućeg provider-a navigacionih usluga: Google Maps za Android, Apple Maps za iOS, Bing Maps za Windows.

```
public class PinMap : Map
{
    public double Latitude { get; set; }
    public double Longitude { get; set; }

    public double PinDistance { get; set; }
    public string PinTitle { get; set; }

    public bool NavigateImmediately
    {
        ...
    }

    private void NavigateNow()
    {
        var location = new Position(Latitude, Longitude);

        Pins.Add(new Pin() {
            Position = location,
            Label = PinTitle
        });

        MoveToRegion(MapSpan.FromCenterAndRadius(location, Distance.FromMeters(PinDistance)));
    }
}
```

Ova komponenta je jedna od najrazvijanijih komponenti `Xamarin.Forms` biblioteke, ali i pored toga ne postoji mogućnost postavljanja takozvanog Pin-a (grafičkog obeležja lokacije na mapi) kroz XAML kôd. Zbog toga, ovde je implementirana komponenta `PinMap` koja se oslanja na komponentu `Map` iz `Xamarin.Forms` biblioteke, ali ima mogućnost definisanja geografske širine i dužine na kojoj će biti postavljen Pin odmah pri konstrukciji objekta. Takođe, po postavljanju Pin-a `PinMap`-a će automatski prikazati lokaciju tog Pin-a tačno na sredini mape uz odgovarajuću animaciju – što takođe nije moguće iz XAML kôda sa običnom `Map` komponentom.

Moguće je definisati i šta će pisati na samom Pin-u i sa koje udaljenosti (u metrima) će biti prikazan. U setter-u polja `NavigateImmediately` se nalazi poziv funkcije `NavigateNow` koja će postaviti Pin na mapu i prikazati ga sa određene udaljenosti. Ovo je veoma jednostavan način za „pozivanje“ metoda direktno iz XAML kôda – svaka promena vrednosti će okinuti setter prekidač koji će tada pozvati navedeni metod.

Ovako napravljene XAML komponente koriste se slično kao i ekstenzije koje su bile prikazane u prošlom poglavljju. Prvo se definiše u kom su paketu (maps):

```

xmlns:sys="clr-namespace:System;assembly=mscorlib"
xmlns:maps="clr-namespace:PMF.CustomControls"
BindingContext="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Contact}"
Title="{i18n:Translate ContactTitle}"

```

A zatim se koriste sa prefiksom kao i sve druge komponente:

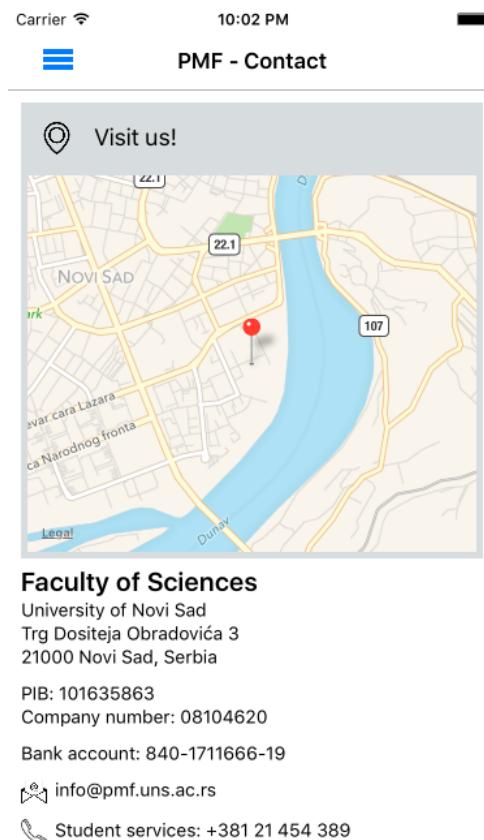
```

<StackLayout Orientation="Horizontal" Margin="5,5,0,0">
    <Image Source="placeholder.png" HeightRequest="25" Margin="10"/>
    <Label Text="{i18n:Translate ContactVisitUs}" VerticalOptions="Center" FontSize="18"/>
</StackLayout>
<maps:PinMap MapType="Street" Latitude="45.245411" Longitude="19.852777"
    PinTitle="{i18n:Translate PMFName}" PinDistance="1500"
    NavigateImmediately="True" Margin="5,0,5,5"/>
</StackLayout>
<Label Text="{i18n:Translate PMF}" FontSize="20" FontAttributes="Bold" Margin="10,0,0,0"/>
<Label Text="{i18n:Translate UNS}" FontSize="14" Margin="10,-5,0,0"/>

```

U ovakvoj definiciji, polja `Latitude`, `Longitude`, `PinTitle`, `PinDistance`, `NavigateImmediately` su sva iz `PinMap` klase koja je naknadno definisana. Na ovaj način ne gubimo na urednosti kôda, a ni na kompatibilnosti sa različitim platformama, pošto je ovo i dalje u osnovi `Xamarin.Forms` komponenta koja može da se koristi na svim platformama.

Ovde je prikazana komponenta na iOS platformi:



## 7.8.2. Implementacija ExtendedPicker komponente

Još jedna komponenta koja je nedostajala je **Picker** (slično **ComboBox** komponenti u drugim bibliotekama) koja ima mogućnost Data Binding-a.

Većina kompozitnih komponenti iz Xamarin.Forms biblioteke kao što su **ListView** ili **TableView** definišu polje **ItemsSource** koje se može manipulisati uz pomoć DataBinding-a. Međutim, iz nekog razloga ovo nije slučaj sa **Picker** komponentom, te je bila potrebna dodatna implementacija.

```
namespace PMF.CustomControls
{
    public class ExtendedPicker : Picker
    {
        public static readonly BindableProperty ItemsSourceProperty =
            BindableProperty.Create(propertyName: "ItemsSource", declaringType: typeof(List<string>),
            returnType: typeof(List<string>), propertyChanged: (bindable, oldValue, newValue) =>
        {
            var picker = (ExtendedPicker) bindable;
            picker.Items.Clear();
            foreach (var i in (List<string>) newValue)
                picker.Items.Add(i);
        });

        public List<string> ItemsSource
        {
            get { return (List<string>)GetValue(ItemsSourceProperty); }
            set { SetValue(ItemsSourceProperty, value); }
        }
    }
}
```

Implementacija je malo komplikovanija od implementacije **PinMap** komponente zbog neophodnosti da se koristi koncept **BindableProperty**. Kao što mu ime kaže, **BindableProperty** je polje klase koje podržava Data Binding. Ovakav kôd uglavnom ne piše programer već se on sam generiše, međutim u ovom slučaju ovo je bilo jedino rešenje. Dakle, postoji obična lista **string** objekata koje želimo da povežemo sa **Picker** objektom. Definišemo **BindableProperty** uz pomoć .NET pomoćnog metoda **BindableProperty.Create** i dajemo mu ime, tip, i u specijalnom lambda izrazu definišemo šta se dešava kada se vrednost ove promeljive promeni – u našem slučaju jednostavno u instanci same **Picker** komponente očistimo postojeću listu i dodamo sve elemente nove liste.

Ovakav kôd je generički i nije podležan promenama, a umnogome olakšava dalji rad sa **Picker** komponentom kada nam je potrebna mogućnost Data Binding-a na kolekciju objekata koju prikazuje:

```

<Label Grid.Row="2" Text="{i18n:Translate Module}" VerticalOptions="Center" FontSize="14"/>
<custom:ExtendedPicker HorizontalOptions="FillAndExpand" Grid.Row="3"
ItemsSource="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Programs.CurrentModuleNames}"
SelectedIndex="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Programs.CurrentModuleId, Mode=TwoWay}"/>

<Label Grid.Row="4" Text="{i18n:Translate SemesterCap}" VerticalOptions="Center" FontSize="14"/>
<custom:ExtendedPicker HorizontalOptions="FillAndExpand" Grid.Row="5"
ItemsSource="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Programs.CurrentSemesters}"
SelectedIndex="{Binding Source={StaticResource ViewModelLocator}, Path=Programs.CurrentSemesterId, Mode=TwoWay}"/>

```

Ovakve mogućnosti „dodavanja“ komponenti na samu biblioteku uz pomoć naprednih koncepata koje pruža programski jezik C# umnogome olakšavaju razvoj ovakvog tipa aplikacija.

### 7.8.3. XAML konverteri

Prilikom lokalizacije aplikacije, došlo je do problema lokalizacije vrednosti tipa `enum`. Pošto se ovakvi tipovi podataka u C# programskom jeziku mapiraju na vrednosti tipa `int`, nije postojao jednostavan način za lokalizaciju samih imena `enum` vrednosti. Zbog ovoga, korišćeni su XAML konverteri.

XAML konverter je jednostavna klasa koja implementira interfejs `IValueConverter` i implementira dva njegova metoda: `Convert` i `ConvertBack`. Na primer, XAML konverter koji lokalizuje tipove predavanja (predavanje, vežbe ili vežbe na računaru):

```

class ScheduleItemTypeToTypeNameConverter : IValueConverter
{
    Dictionary<int, string> Dictionary = new Dictionary<int, string>()
    {
        { (int)ScheduleItemType.Lecture, "Lecture".Localize() },
        { (int)ScheduleItemType.Lab, "Lab".Localize() },
        { (int)ScheduleItemType.Practice, "Practice".Localize() }
    };

    public object Convert(object value, Type targetType, object parameter, CultureInfo culture)
    {
        return Dictionary[(int)value];
    }

    public object ConvertBack(object value, Type targetType, object parameter, CultureInfo culture)
    {
        throw new NotImplementedException();
    }
}

```

U ovom slučaju nam nije potrebna implementacija prevodenja unazad, te taj metod nije ni implementiran. Lokalizovane vrednosti se čuvaju u rečniku (ključ-vrednost parovi), a sam XAML kôd poziva `Convert` metod za nas:

```
<ContentView Grid.Row="0" Grid.Column="2" Padding="0,15,0,0" Margin="-2,0,0,0">
    <ContentView.BackgroundColor>
        <OnPlatform x:TypeArguments="Color" Android="{x:Static i18n:Colors.AndroidLightGray}" iOS="{x
        </ContentView.BackgroundColor>
        <Label Text="{Binding Type, Converter={StaticResource scheduleItemTypeConverter}}"
            HorizontalOptions="CenterAndExpand" VerticalOptions="Start"/>
    </ContentView>
```

XAML konverteri su definisani i instancirani u [App.xaml](#) klasi.

Još jedan interesantan konverter je za dane u nedelji i njihova lokalizovana imena:

```
class IntToDayNameConverter : IValueConverter
{
    Dictionary<int, string> Dictionary = new Dictionary<int, string>()
    {
        { (int)DayOfWeek.Monday, "Monday".Localize() },
        { (int)DayOfWeek.Tuesday, "Tuesday".Localize() },
        { (int)DayOfWeek.Wednesday, "Wednesday".Localize() },
        { (int)DayOfWeek.Thursday, "Thursday".Localize() },
        { (int)DayOfWeek.Friday, "Friday".Localize() },
        { (int)DayOfWeek.Saturday, "Saturday".Localize() },
        { (int)DayOfWeek.Sunday, "Sunday".Localize() },
    };

    public object Convert(object value, Type targetType, object parameter, CultureInfo culture)
    {
        return Dictionary[(int) value];
    }

    public object ConvertBack(object value, Type targetType, object parameter, CultureInfo culture)
    {
        throw new NotImplementedException();
    }
}
```

XAML konverteri su moćno oruđe za konverziju podataka koji nam, ponovo, pomažu da što više kôda generalizujemo i izmestimo van korisničkog interfejsa baš kao i implementacija dodatnih komponenti.

## 7.9. Kôd za specifične platfome

Iako je većina kôda u PCL projektu nezavisna od platforme na kojoj se izvršava, Xamarin biblioteka nam pruža neke mogućnosti za provere na kojoj se platformi aplikacija trenutno izvršava, ukoliko nam je takva informacija potrebna. Ovo je veoma korisno u dizajnu korisničkog interfejsa, ukoliko želimo da izgleda nešto drugačije na različitim platformama kako bi se uklopio u ostatak izgleda operativnog sistema. Na primer u XAML kôdu možemo da definišemo različite boje komponenti na različitim platformama ili čak različite numeričke vrednosti za razne osobine – u ovom primeru visinu komponente:

```
<StackLayout Orientation="Vertical">
    <StackLayout Margin="10,10,10,0" Orientation="Vertical" VerticalOptions="Start">
        <StackLayout.BackgroundColor>
            <OnPlatform x:TypeArguments="Color" Android="{x:Static i18n:Colors.AndroidMediumGray}"
                iOS="{x:Static i18n:Colors.iPhoneMediumGray}" />
        </StackLayout.BackgroundColor>
        <StackLayout.HeightRequest>
            <OnPlatform x:TypeArguments="sys:Double" Android="250" iOS="350" />
        </StackLayout.HeightRequest>
```

Kôd koji će se izvršavati samo na određenim platformama moguće je pisati i u samim C# klasama na sledeći način:

```
private void BuildMessage(ActionSheetConfig cfg, ScheduleItem item)
{
    var converter = Application.Current.Resources["scheduleItemTypeConverter"] as Convert

    if (Device.OS == TargetPlatform.iOS)
    {
        //iOS does not support multi line message
        cfg.Add(item.SubjectTitle)
            .Add(converter.Convert(item.Type, typeof(string), null, CultureInfo.CurrentCulture))
            .Add(item.TeacherNamesFormatted)
            .Add(item.TimeFormatted)
            .Add(item.Location);
    }
    else
    {
        var message = item.SubjectTitle + Environment.NewLine +
            converter.Convert(item.Type, typeof(string), null, CultureInfo.CurrentCulture)
            .Add(item.TeacherNamesFormatted + Environment.NewLine +
            item.TimeFormatted + Environment.NewLine +
            item.Location);
        cfg.Add(message);
    }
}
```

U ovom primeru za iOS platformu je potrebna drugačija implementacija prikaza poruke, jer ta platforma ne podržava dijaloge koji imaju više od jednog reda.

Iako se ovakve konstrukcije retko koriste, u većini slučajeva kada su potrebne, zapravo su nezamenljive i neki delovi kôda se moraju implementirati na ovaj način.

## 7.10. Jedinstven pristup naprednijim mogućnostima mobilnih uređaja

Iako je Xamarin biblioteka u potpunosti cross-platform, u nekim slučajevima mora se pisati kôd specifičan za platformu na kojoj se aplikacija izvršava, kao što smo videli u prethodnom poglavljju.

Napredne mogućnosti mobilnih uređaja kao što su kamera, notifikacije, pozivi i poruke i slično se veoma razlikuju od platforme do platforme i još ne postoji jedinstveni način za pristup svim ovim mogućnostima.

Trenutno postoji mnogo open-source biblioteka koje rade upravo ovo, i zbog njih ne moramo da pišemo kôd za specifične platforme, jer se takav kôd već nalazi u njima. U razvoju aplikacije za studentske servise korišćene su mnoge ovakve biblioteke.

Važno je napomenuti da je korišćenje ovakvih biblioteka moguće samo u projektima koji koriste PCL biblioteku kao osnovu, ali ne i u takozvanim Shared projektima, te je ovo još jedan od razloga zbog kojih je bolje krenuti u razvoj uz pomoć PCL biblioteke.

### 7.10.1. Notifikacije

Nažalost nije moguće na jedinstven način kontrolisati notifikacije tj. kratke poruke prikazane korisniku na svim različitim platformama.

Zbog ovoga je korišćena odlična open-source biblioteka [Acr.UserDialogs<sup>\[15\]</sup>](#). Ova biblioteka je veoma jednostavna za korišćenje, koristi se jedan singleton objekat:

```
UserDialogs.Instance.ErrorToast("Error".Localize(), "NewsError".Localize(), 1500);
```

Poziv funkcije prima tri parametra: sadržaj, naslov i dužinu trajanja poruke u milisekundama. Takođe osim ovde prikazane **Error** poruke, postoje i druge razne kao što su **Success** ili **Info** poruke koje se razlikuju po izgledu.

### 7.10.2. Poruke i dijalozi

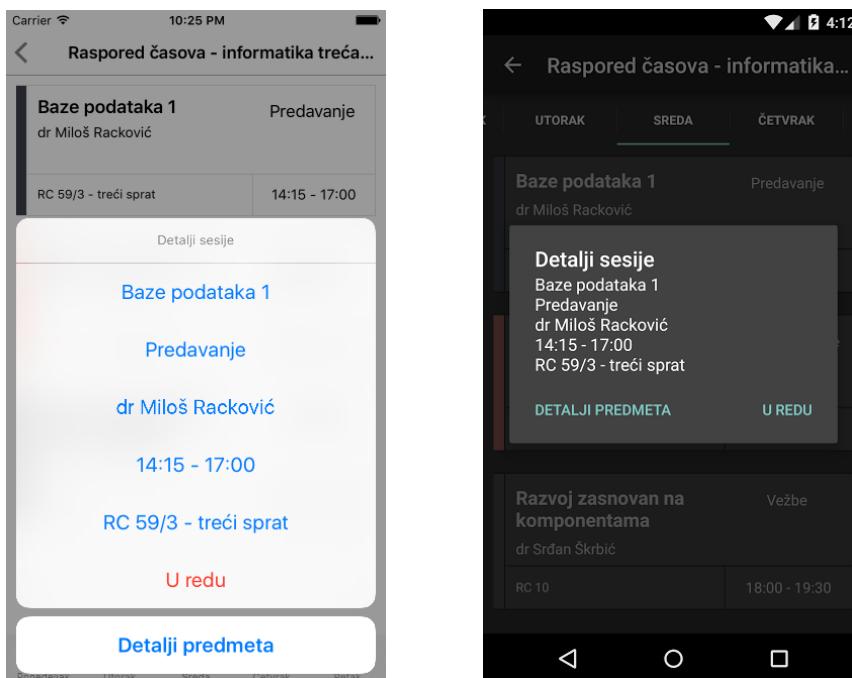
Za prikaz drugih, komplikovanijih poruka i dijaloga može se koristiti ista biblioteka – [Acr.UserDialogs](#). Dijalozi se prave na jednostavan način, slično kao i notifikacije:

```
private void OpenScheduleItemDetails(ScheduleItem item)
{
    var cfg = new ActionSheetConfig()
        .SetTitle("SessionDetails".Localize())
        .SetDestructive("OK".Localize())
        .SetCancel("SubjectDetails".Localize(), () => ShowSubjectDetails(item.SubjectId));

    BuildMessage(cfg, item);

    UserDialogs.Instance.ActionSheet(cfg);
}
```

i izgledaju kao nativni dijalozi na svim platformama, na primer iOS i Android:

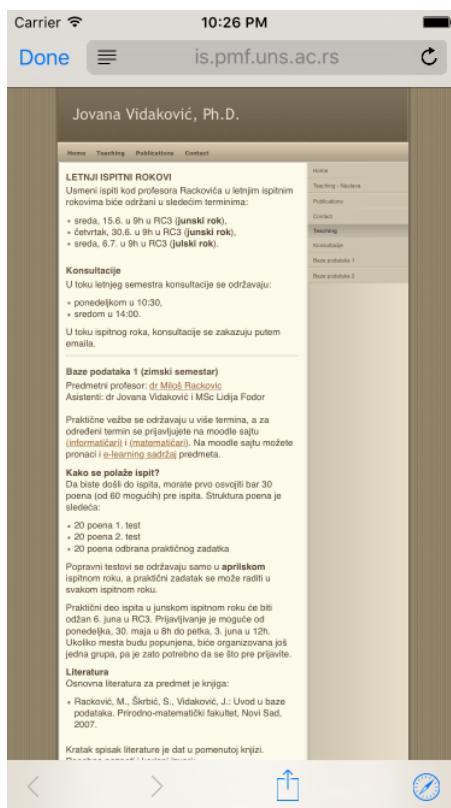


### 7.10.3. Otvaranje linkova u podrazumevanom internet pregledaču

Još jedna od mogućnosti koja nedostaje u Xamarin biblioteci je otvaranje jednostavnih linkova do web stranica u podrazumevanom web pregledaču koji korisnik podešava. Srećom, postoji open-source biblioteka koja služi samo za ovo – [CrossShare](#)<sup>[16]</sup>:

```
private void Visit(string url)
{
    if (url.StartsWith("http://"))
        Plugin.Share.CrossShare.Current.OpenBrowser(url);
    else
        Plugin.Share.CrossShare.Current.OpenBrowser("http://" + url);
}
```

Jedini nedostatak biblioteke je što ukoliko link ne počinje sa standardnim `http://` ili `https://` prefiksom već direktno sa adresom (npr. [www.google.com](http://www.google.com)) stranica se neće otvoriti, te se taj slučaj mora ručno obraditi. Nakon pozivanja metoda `OpenBrowser`, korisniku će biti prikazan podrazumevani web pregledač i to u okviru naše aplikacije za studentske servise kao modalni dijalog:



Ovo je veoma važna opcija jer se korisnik lako može vratiti direktno u aplikaciju pritiskom na odgovarajuće dugme.

#### 7.10.4. Slanje elektronske pošte, deljenje linkova i sadržaja

Slanje elektronske pošte preko predefinisane aplikacije za mejlove je takođe nemoguće bez dodatne biblioteke.

Za ovu mogućnost koristi se takođe `CrossShare` biblioteka:

```
private void SendEmail(string email)
{
    var emailMessenger = Plugin.Messaging.CrossMessaging.Current.EmailMessenger;
    if (emailMessenger.CanSendEmail)
    {
        emailMessenger.SendEmail(email, Current.Title, string.Empty);
    }
}
```

Po pozivu metoda `SendEmail` koji prima adresu, naslov i sadržaj poruke kao parametre, korisniku će biti prikazan dijalog da odabere sa koje e-mail adrese želi da pošalje poruku (ukoliko korisnik ima više podešenih e-mail adresa) i zatim popunjeno e-mail, spremno za slanje.

Još jedna važna mogućnost modernih mobilnih aplikacija je mogućnost deljenja linkova i sadržaja na raznim društvenim mrežama. Srećom, svi operativni sistemi koje Xamarin biblioteka podržava definišu interfejs koji nam omogućavaju upravo ovo. Nažalost, svaki operativni sistem definiše različit interfejs, te nam je ponovo potrebna biblioteka. Ponovo koristimo `CrossShare`:

```
private void _saveList(bool toClipboard=false)
{
    var messenger = Plugin.Share.CrossShare.Current;
    var sb = new StringBuilder();
    sb.AppendLine(CurrentProgram.Name);
    sb.AppendLine(CurrentModuleName);
    sb.AppendLine($"{{SemesterCap}}.Localize(): {Semester}");
    sb.AppendLine(string.Empty);
    foreach (var group in CurrentSubjects)
    {
        foreach (var checkedSubject in group)
        {
            if (checkedSubject.IsChecked)
            {
                var s = checkedSubject.Subject;
                sb.AppendLine($"{s.Id} - {s.Title} - {{ESPB}}.Localize(){s.ESPB}");
            }
        }
        sb.AppendLine(string.Empty);
        sb.AppendLine($"{{ESPB}}.Localize(){CurrentESPB}");
    }

    if (!toClipboard)
        messenger.Share(sb.ToString(), "AppName".Localize());
    else
    {
        if (messenger.SupportsClipboard)
        {
            messenger.SetClipboardText(sb.ToString());
            UserDialogs.Instance.ErrorToast("CopiedToClipboard".Localize());
        }
        else
        {
            UserDialogs.Instance.ErrorToast("Error".Localize(), "NotSupported".Localize());
        }
    }
}
```

Ovaj deo kôda omogućava korisniku da „podeli“ ili snimi lokalno (u aplikacijama koje to podržavaju ili u memoriju – clipboard) listu predmeta koje je odabrao za

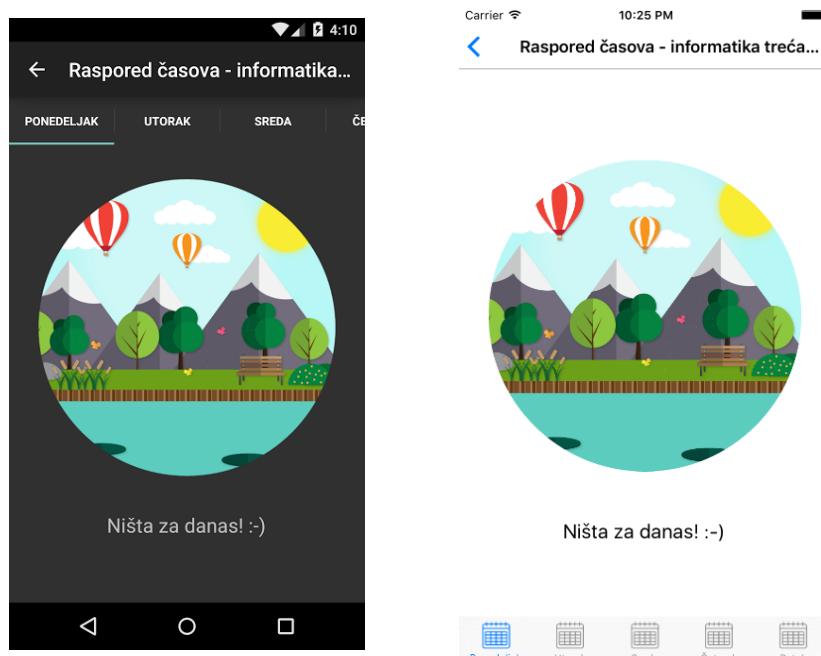
prijavu semestra. Samo Android platforma podržava snimanje teksta u clipboard, te je ta opcija jedino prikazana na toj platformi.

Kôd je veoma jednostavan, koristi se `StringBuilder` za pravljenje poruke koja se zatim jednostavno prosleđuje metodu `Share` iz `CrossShare` biblioteke.

#### 7.10.5. Keširanje slika

Pošto je cilj razvoja cross-platform mobilne aplikacije da što više korisnika ima mogućnost da je koristi, mora se voditi računa i o performansama.

Kada je reč o telefonima starijih generacija ili ograničenih performansi, veoma je korisno koristiti keširanje za velike slike koje se koriste na više mesta kroz aplikaciju. Na primer, u prikazu rasporeda časova koristi se velika slika ukoliko je raspored prazan:



koja se može ponavljati više dana u nedelji. Iako na prvi pogled u ovom slučaju keširanje izgleda nepotrebno, bilo kakvo šteđenje RAM memorije mobilnog uređaja je veoma korisno, i unapređuje performanse ostalih delova aplikacije.

Takođe, u aplikaciji za studentske servise keširaju se i slike koje se preuzimaju preko mreže, što takođe smanjuje prenešene podatke što je veoma važno na mobilnim uređajima.

Za keširanje slika ne postoji ugrađen mehanizam u samoj Xamarin biblioteci, već se koristi eksterna biblioteka `FFImageLoading`<sup>[17]</sup> direktno iz XAML kôda:

```
<ffimageloading:CachedImage HorizontalOptions="Center" VerticalOptions="Center"
    IsVisible="{Binding HasNoItems}"
    WidthRequest="400" HeightRequest="400"
    DownsampleToViewSize="True"
    Source = "freetime.png" FadeAnimationEnabled="True">
    <ffimageloading:CachedImage.Margin>
        <OnPlatform x:TypeArguments="Thickness" iOS="30,50,30,0" Android ="30,-15,30,-20"/>
    </ffimageloading:CachedImage.Margin>
</ffimageloading:CachedImage>
```

Ova biblioteka koristi ime fajla tj. URL (lokaciju slike na mreži) do slike ukoliko se ona preuzima sa mreže kao ključ za keširanje. Takođe se može podesiti u dužina važenja slike u memoriji, animacije i slično.

## 8. Zaključak

U ovom master radu prikazano je poređenje načina za razvoj mobilnih aplikacija. Mobilne aplikacije su veoma popularne i postoji veliki broj alata koji omogućavaju njihov razvoj.

Ovim radom je na primeru aplikacije za studentske servise Prirodno-matematičkog fakulteta prikazano kako se mogu razvijati cross-platform native aplikacije uz pomoć Xamarin biblioteke i programskog jezika C#.

Prikazane su takođe najbolje prakse pri razvijanju ovakvih aplikacija i generalno mobilnih aplikacija na primerima unutar same aplikacije, kao što su upotreba MVVM dizajn obrasca i Inversion of Control dizajn obrasca, što je i bio fokus rada između ostalog.

Takođe su prikazani i neki od nedostataka Xamarin biblioteke i kako se oni mogu nadomestiti.

Tokom razvoja aplikacije, autor je često imao problema sa nestabilnošću okruženja, grešaka i problema u samoj biblioteci, nedovršenih implementacija i slično.

Ipak, po autorovom mišljenju, prednosti ima mnogo više od nedostataka, i sa više iskustva bilo bi veoma lako razvijati kvalitetne cross-platform mobilne aplikacije na pouzdan i ispravan način.

Takođe, mora se uzeti u obzir i slučaj kada je potrebno razvijati mobilnu aplikaciju za samo jednu platformu. Bilo bi dobro razmotriti opciju korišćenja ovakvog načina razvoja pošto bi u tom slučaju implementacija za druge platforme bila trivijalana.

Aplikacija za studentske servise prikazana u ovom radu mogla bi se unaprediti na više načina. Prvo unapređenje je zamena lokalnog servisa za testiranje sa pravim RESTful Web servisom sa pravim podacima. Moglo bi se implementirati dosta novih i korisnih dodatnih mogućnosti.

Najveće unapređenje aplikacije bila bi implementacija dela aplikacije za studentsku službu koji bi mogao studentima omogućiti da prijavljuju ispite, prate finansije i slično.

Takođe, bilo bi dobro osmisiliti i univerzalan način za keširanje svih podataka u aplikaciji, kako bi oni bili dostupni i bez internet konekcije.

## Reference

- [1] Albahari J., Albahari B., C# 6.0 in a Nutshell (Sixth Edition), O'Reilly Media, November 2015, 1136 p, 9781491927069
- [2] C# i .NET MSDN dokumentacija, <https://msdn.microsoft.com/library>
- [3] Hermes D., Xamarin Mobile Application Development, Apress, July 2015, 432p, ISBN: 9781484202159
- [4] Michaelis M., Lippert E., Essential C# 6.0 (Fifth Edition), Addison-Wesley Professional, October 2015, 1008p, ISBN: 9780134141046
- [5] Peppers J., Xamarin Cross-platform Application Development, Packt Publishing, February 2015, 262p, ISBN: 9781849698467
- [6] Petzold C., Creating Mobile Apps with Xamarin.Forms Book Preview, Microsoft Press, April 2015, 448p, ASIN: B00VYSSNJW
- [7] Xamarin dokumentacija, <https://developer.xamarin.com/api/>

## Web linkovi i druge reference

- [1] <https://cordova.apache.org/>
- [2] <https://www.nativescript.org/>
- [3] <https://facebook.github.io/react-native/>
- [4] <https://code.facebook.com/posts/895897210527114/dive-into-react-native-performance/>
- [5] <https://www.codenameone.com/>
- [6] <https://kivy.org/#home>
- [7] <https://www.xamarin.com/>
- [8] <http://www.mono-project.com/>
- [9] <https://www.xamarin.com/forms>
- [10] <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc295302.aspx>
- [11] <http://jeffreypalermo.com/blog/the-onion-architecture-part-1/>
- [12] [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg597391\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg597391(v=vs.110).aspx)
- [13] <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh848246.aspx>
- [14] <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff921087.aspx>
- [15] <https://github.com/aritchie/userdialogs>
- [16] <https://github.com/jguertl/SharePlugin>
- [17] <https://github.com/luberda-molinet/FFImageLoading>

## Biografija studenta

Nemanja Milošević je rođen 20.11.1992. godine u Rumi, opština Ruma, Republika Srbija. Gimnaziju „Stevan Pušić“ opšteg smera u Rumi završava 2011. godine, sa odličnim uspehom. Studije na Prirodno-matematičkom fakultetu, Univerzitet u Novom Sadu, smer informatičar, završio je 2014. godine. Master studije na smeru Informatika – Softversko Inženjerstvo upisao je 2014. godine. Položio je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom.



Novi Sad, septembar 2016.

Nemanja Milošević

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO MATEMATIČKI FAKULTET  
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

*Redni broj:*

RBR

*Identifikacioni broj:*

IBR

*Tip dokumentacije:*

TD

Monografska dokumentacija

*Tip zapisa:*

TZ

Tekstualni štampani materijal

*Vrsta rada:*

VR

Master rad

*Autor:*

AU

Nemanja Milošević

*Mentor:*

MN

dr Miloš Racković

*Naslov rada:*

NR

Razvoj cross-platform native mobilnih  
aplikacija u programskom jeziku C#

*Jezik publikacije:*

JP

srpski (latinica)

*Jezik izvoda:*

JI

srpski

*Zemlja publikovanja:*

ZP

Srbija

*Uže geografsko područje:*

UGP

Vojvodina

*Godina:*

GO

2016.

*Izdavač:*

IZ

autorski reprint

*Mesto i adresa:*

MA

Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad,  
Trg Dositeja Obradovića 4

*Fizički opis rada:*

FO

(8/52/17/0/21/0/0)

(broj poglavlja/strana/lit. citata/  
tabela/ slika/ grafika/ priloga)

*Naučna oblast:*

NO

Informatika

*Naučna disciplina:*

ND

Informatika - Informacioni sistemi, Softversko  
inženjerstvo

*Predmetne odrednice, ključne reči*  
UDK

Xamarin, .NET, C#, mobilne  
aplikacije, cross-platform aplikacije

*Čuva se:*  
ČU

Biblioteka Departmana za matematiku  
i informatiku, Prirodno-matematički fakultet,  
Novi Sad

*Važna napomena:*

VN

nema

*Izvod:*  
IZ

Ovaj master rad proučava načine na koji se  
mogu razvijati cross-platform native mobilne  
aplikacije. Na implementaciji jedne ovakve  
aplikacije (za studentske servise Prirodno-  
matematičkog fakulteta u Novom Sadu)  
prikazani su načini razvoja i najbolje  
prakse u razvoju.

*Datum prihvatanja teme od strane NN veća:*

18.5.2016.

DP

*Datum odbrane*  
DO

*Članovi komisije:*  
KO

(Naučni stepen/ime i prezime/zvanje/fakultet)

*Predsednik:*

dr Srđan Škrbić,

vanredni profesor, PMF, Novi Sad

*Član:*

dr Miloš Racković,

redovni profesor, PMF, Novi Sad, mentor

*Član:*

dr Mirjana Mikalački,

Docent, PMF, Novi Sad

**UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF SCIENCES  
KEY WORDS DOCUMENTATION**

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph documentation

Type of record:

TR

Textual printed material

Contents code:

CC

Master's thesis

Author:

AU

Nemanja Milošević

Mentor:

MN

Ph.D. Miloš Racković,  
Full Profesor

Title:

TI

Native cross-platform mobile application  
development in C# programming language

Language of text:

LT

Serbian (Latin)

Language of abstract:

LA

English

Country of publication:

CP

Serbia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publication year:

PY

2016

Publisher:

PU

Author's reprint

Publication place:

PP

Faculty of Science, Novi Sad,  
Trg Dositeja Obradovića 4

Physical description:  
PD

(8/52/17/0/21/0/0)

Scientific field:  
SF

Informatics – Computer Science

Scientific discipline:  
SD

Informatics - Information Systems, Software  
Engineering

Subject Keywords:  
SKW

Xamarin, .NET, C#, mobile  
applications, cross-platform applications

Holding data:  
HD

Institute of Mathematics Library,  
Faculty of Sciences  
Trg D. Obradovića 4, Novi Sad

Note:  
N

none

Abstract:  
AB

The subject of this Master thesis are the ways of developing native cross-platform mobile applications. By implementing one such application (for student services of Faculty of Sciences in Novi Sad) the author displays the development process and best practices in developing this type of applications.

Accepted on Scientific board on:  
AS

May 18th 2016

Defended:  
DE

Thesis Defend board:  
DB

(degree/ name and surname/title/faculty)

President:

Ph.D. Srđan Škrbić,  
Associate professor, PMF, Novi Sad

Member:

Ph.D. Miloš Racković,  
Full Profesor, PMF, Novi Sad

Member:

Ph.D. Mirjana Mikalački,  
Docent, PMF, Novi Sad