



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U  
NOVOM SADU

---



Dejan Arsenijević

# **INTEGRACIJA INTERNETA STVARI U UNIVERZITETSKIM KAMPUSIMA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Novi Sad, 2018



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, <b>РБР:</b>	
Идентификациони број, <b>ИБР:</b>	
Тип документације, <b>ТД:</b>	Монографска публикација
Тип записа, <b>ТЗ:</b>	Текстуални штампани материјал
Врста рада, <b>ВР:</b>	Докторска дисертација
Аутор, <b>АУ:</b>	Дејан Арсенијевић
Ментор, <b>МН:</b>	Проф. др Стеван Станковски
Наслов рада, <b>НР:</b>	Интеграција интернета ствари у универзитетским кампусима
Језик публикације, <b>ЈП:</b>	Српски
Језик извода, <b>ЈИ:</b>	Српски
Земља публиковања, <b>ЗП:</b>	Република Србија
Уже географско подручје, <b>УГП:</b>	Аутономна покрајина Војводина
Година, <b>ГО:</b>	2018
Издавач, <b>ИЗ:</b>	Ауторски репринт
Место и адреса, <b>МА:</b>	Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад
Физички опис рада, <b>ФО:</b> <small>(поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)</small>	6/121/47/36/35/0/0
Научна област, <b>НО:</b>	Мехатроника
Научна дисциплина, <b>НД:</b>	Интегрисани системи
Предметна одредница/Кључне речи, <b>ПО:</b>	Интернет ствари, оцена спремности, универзитетски кампус
<b>УДК</b>	
Чува се, <b>ЧУ:</b>	Библиотека Факултета техничких наука у Новом Саду
Важна напомена, <b>ВН:</b>	
Извод, <b>ИЗ:</b>	У оквиру дисертације се испитује начин интеграције Интернета ствари (ИС) у универзитетске кампусе. Анализирани су постојећи доступни модели за оцену спремности организација за ИС. Приказани су актуелни ставови о могућностима примене ИС-а у кампусима. Након тога је приказан развијени модел за оцену спремности кампуса за примену ИС-а, који садржи и сегмент за оцену спремности станара студенског кампуса за ИС. Ради тестирања модела, развијени су упитници и софтверски алат за подршку примене модела. Развијени модел је тестиран у Студентском центру Нови Сад са запосленима и станарима кампуса, након чега су резултати добијени моделом евалуирани.
Датум прихватања теме, <b>ДП:</b>	25.1.2018.
Датум одбране, <b>ДО:</b>	
Чланови комисије, <b>КО:</b>	Председник: др Гордана Остојић, ванредни професор
	Члан: др Властимир Николић, редовни професор
	Члан: др Милован Лазаревић, ванредни професор
	Члан: др Љубомир Миладиновић, редовни професор
	Члан, ментор: др Стеван Станковски, редовни професор
	Потпис ментора



## KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, <b>ANO</b> :	
Identification number, <b>INO</b> :	
Document type, <b>DT</b> :	Monographic publication
Type of record, <b>TR</b> :	Textual printed material
Contents code, <b>CC</b> :	PhD thesis
Author, <b>AU</b> :	Dejan Arsenijević
Mentor, <b>MN</b> :	Professor Stevan Stankovski, PhD
Title, <b>TI</b> :	Integration of Internet of Things in University Campuses
Language of text, <b>LT</b> :	Serbian
Language of abstract, <b>LA</b> :	Serbian/English
Country of publication, <b>CP</b> :	Republic of Serbia
Locality of publication, <b>LP</b> :	Autonomous Province of Vojvodina
Publication year, <b>PY</b> :	2018
Publisher, <b>PB</b> :	Author's reprint
Publication place, <b>PP</b> :	Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad
Physical description, <b>PD</b> : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	6/121/47/36/35/0/0
Scientific field, <b>SF</b> :	Mechatronics
Scientific discipline, <b>SD</b> :	Integration
Subject/Key words, <b>S/KW</b> :	Internet of Things, readiness assessment, university campuses
<b>UC</b>	
Holding data, <b>HD</b> :	Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad
Note, <b>N</b> :	
Abstract, <b>AB</b> :	<p>This dissertation discusses possibilities of Internet of Things (IoT) integration in university campuses. Available existing models for assessing an organization readiness for IoT are analyzed. Actual viewpoints concerning possibilities of IoT application in campuses are shown. Further, developed model for assessing university campus readiness assessment for IoT, which also include part for campus clients IoT readiness assessment, is presented. With the purpose of model testing, supporting questionnaires and software tool are developed. The model is tested in Student Center Novi Sad, with both employees and campus habitants, and evaluation of results was done.</p>
Accepted by the Scientific Board on, <b>ASB</b> :	25.1.2018.
Defended on, <b>DE</b> :	
Defended Board, <b>DB</b> :	
President:	Assoc. professor Gordana Ostojić, PhD
Member:	Professor Vlastimir Nikolić, PhD
Member:	Assoc. professor Milovan Lazarević, PhD
Member:	Professor Ljubomir Miladinović, PhD
Member, Mentor:	Professor Stevan Stankovski, PhD
	Menthor's sign

## Rezime

U predstojećoj dekadi očekuje se značajan uticaj primene IoT tehnologija na sve oblasti ljudskog društva [5], [6]. Sa sticanjem novih iskustava i saznanja i razvojem IT infrastrukture stvaraju se uslovi za mnogo širu primenu koja može rezultirati značajnim uštedama i poboljšanjem uslova života. Kao i većina organizacija koje upravljaju značajnim resursima, i univerziteti će biti u situaciji da imaju koristi uključujući IoT u svoju razvojnu strategiju [8]. Primena IoT-a u univerzitetskim kampusima razvija se širom sveta i u literaturi se mogu pronaći različita rešenja primene. Smanjenje operativnih troškova, optimalno korišćenje prostora (učionica, laboratorija, čitaonica, restorana, parkinga itd.), primena u obrazovnom procesu (testiranje, učenje na daljinu, virtuelna/proširena stvarnost), zdravlje (praćenje fizičke aktivnosti studenata, rano uočavanje potencijalnih simptoma depresije kod studenata), navigacija, pomoć studentima sa posebnim potrebama samo su neke od oblasti u kojima se istražuju i/ili primenjuju IoT tehnologije [1], [9].

Sa jedne strane, primena IoT-a se nameće kao neminovnost, a sa druge strane, proces implementacije IoT rešenja je izuzetno kompleksan kako sa tehnološkog, tako i sa organizacionog aspekta. Istraživanja pokazuju da je u većini kompanija IoT danas u početnoj fazi razvoja, primena je najčešće parcijalna, u začetku, putem pilot projekata. HCL-ov Global IoT Report 2017 navodi da je 6 od 10 ispitanih organizacija u početnim fazama istraživanja i definisanja strategije IoT-a [10]. U prilog tome govore rezultati Cisco-vog opsežnog istraživanja o primeni IoT-a iz maja 2017. godine koji svedoče da skoro tri četvrtine sprovedenih IoT projekata nije donelo željene rezultate [11].

Razvoj IoT strategije se ne razlikuje od razvoja drugih strategija po tome što je potrebno znati trenutno stanje ili poziciju organizacije sa ciljem da se odredi razlika u odnosu na buduće, željeno stanje ili poziciju [12]. Na osnovu navedenog logičan prvi korak u primeni IoT-a bila bi ocena trenutnog stanja organizacije sa aspekta IoT tehnologija. Velike konsultanske kuće (TDWI, Gartner, McKinsey i dr.), kompanije koje proizvode i promovišu IoT tehnologije (Intel, IBM, Cisco i dr.), zatim stručna tela kao i akademski krugovi bave se razvijanjem alata pomoću kojih se može odrediti trenutna pozicija organizacije u pogledu IoT-a. Ipak, postojeći alati za implementaciju IoT-a su ili vrlo uopšteni [17], [20], ili namenjeni

određenom profilu organizacije [18], ili imaju jednodimenzionalni, tehnički, pristup, [19], [21], te kao takvi nisu pogodni za primenu u okruženju kakvo je univerzitetski kampus sa svojim specifičnostima; a standardizovana metodologija implementacije IoT-a još uvek ne postoji.

U okviru ove disertacije istraženo je aktuelno stanje i mogućnosti integracije IoT tehnologija u univerzitetskim kampusima. Razvijen je model za ocenu trenutnog stanja univerzitetskih kampusa sa aspekta IoT-a. U okviru modela je razvijen i uputnik za ocenu spremnosti stanara univerzitetskog kampusa za IoT. Razvijeni je model je testiran u Studentskom centru Novi Sad, a u testiranju su učestvovali relevantni zaposleni Studentskog centra i stanari studenstkih domova. Nakon analize rezultata dobijenih testiranjem modela, njihovom evaluacijom je pokazano da je razvijeni model efektivan, sveobuhvatan i konzistentan.

## **Abstract**

In the next decade a significant influence of IoT technologies over all areas of human society is expected [5], [6]. The lessons learned and the development of IT infrastructure will enable IoT application in a number of new areas that could result with significant cost reduction and improved life conditions. As other organizations that must manage the significant capital assets required to support their research, teaching, and service missions, and universities can benefit by including IoT in their development strategy [8]. IoT application in university campuses is becoming wider and wider all around the world and various solutions can be found in literature. Cutting operational costs, optimal space usage (classrooms, labs, libraries, restaurants, parking space, etc.), usage in educational processes (tests, distance learning, virtual/augmented reality), health (fitness applications, early diagnosis of potential depression symptoms), navigation, aid for students with disabilities are some examples in which application of IoT technologies is researched [1], [9].

On one side, an application of IoT solutions is inevitable, on the other, IoT solution implementation process is highly complex, both from the technological and organizational perspective. Most research shows that IoT implementation is in early phase in majority of companies, IoT application is partial, at starting point, through pilot projects. HCL Global Systems' "Global IoT Report 2017" reports that 6 out of 10 surveyed are in early phases of exploration and defining IoT strategy [10]. In May 2017, Cisco announced results from comprehensive IoT survey that reveals that close to three-fourths of IoT projects are failing [11].

IoT strategy work is no different than other strategy work in that you need to know the current state or position in order to assess the gap to the future, desired state or position [12]. Based on previous statement, the logical first step in IoT application would be an organization's current position assessment from the IoT perspective.

Well known consulting companies (TDWI, Gartner, McKinsey etc.), IoT technology and equipment manufacturing companies (Intel, IBM, Cisco etc.), professional committees and academic institutions investigate and develop tools that help in assessing a current organization's position concerning IoT. However, existing IoT readiness assessment tools are too general [17], [20], or too specific (related to specific type of organization) [18], or have one dimensional, technical, approach [19], [21], and are not suitable for application in a specific environment such as university campus is. Also, standardized IoT implementation methodology does not exist yet.

In this dissertation actual application and possibilities of IoT integration in university campuses are investigated. The model for assessing IoT readiness assessment is developed. As a part of the model, a questionnaire for assessing university campus habitants IoT readiness was developed. Developed model has been tested in Student Center Novi Sad, both employees and students – campus habitants – were included. After analysis of test results, evaluation has been done that shows that developed model is effective, comprehensive and consistent.

## Zahvalnica

*Pre svih ostalih, želim posebnu zahvalnost da ukažem svom mentoru, prof. dr Stevanu Stankovskom, na svim dobronamernim i konstruktivnim idejama, komentarima, savetima i podršci tokom izrade ove disertacije. Njegova spremnost za konsultacije u svakom momentu, mestu i na svaki način komunikacije odavala je utisak da je usmeravanje moje disertacije i mentorstvo njegova prevashodna uloga.*

*Zatim, zahvaljujem se kolegama iz Studentskog centra Novi Sad koji su mi omogućili testiranje razvijenog modela i time značajno doprineli realizaciji ove disertacije. Posebno bih se zahvalio Zoranu Martinoviću, vršiocu dužnosti direktora, Slađani Kiković, pomoćnici direktora za održavanje, i Milanu Karanoviću, rukovodiocu informatičke službe Studentkog centra na podršci u realizaciji testiranja. Zahvalnost dugujem i dragim kolegama i spoljnim saradnicima koji su učešćem u anketiranju i korisnim sugestijama doprineli da razvijeni model bude kvalitetniji.*

*Zahvaljujem se i prijateljima iz kluba CrossfitNS koji su me podmladili, podstakli i „očvršli“ dovoljno da izguram rad na ovoj disertaciji.*

*Zahvaljujem se porodici, svojim roditeljima, sinovima Nikoli i Stevanu, a posebnu zahvalnost dugujem supruzi Jasmini koja me je podsticala i pre, a i u toku izrade ove disertacije.*

*Dejan Arsenijević*



## SADRŽAJ

Rezime .....	i
Abstrakt .....	iii
Zahvalnica .....	v
Sadržaj .....	vi
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivacija i predmet istraživanja .....	3
1.2. Cilj istraživanja i hipoteze .....	6
1.3. Struktura disertacije .....	7
<b>2. OSNOVNA TEORIJSKA RAZMATRANJA SA PREGLEDOM LITERATURE .....</b>	<b>9</b>
2.1. IoT referentni modeli .....	9
2.1.1. Ciskov referentno model .....	10
2.1.2. IoT ARM-A referentni model .....	11
2.1.3. Standard P2413 .....	13
2.2. IoT i univerzitet .....	15
2.3. Implementacija IoT-a .....	24
2.3.1. Gartnerov model za ocenu spremnosti za IoT .....	26
2.3.2. Axeda's Connected Product Maturity Model .....	31
2.3.3. TDWI Readiness Model for IoT .....	35
2.3.4. BSQUARE Five Stages of IoT .....	38
2.3.5. Šumaherov Industry 4.0 Maturity Model .....	44
2.3.6. Vačterite Integrated IoT Capability Maturity Model .....	45
2.3.7. Ocena stanja prorocesa implementacije IoT-a .....	48
<b>3. KIoT MODEL .....</b>	<b>50</b>
3.1. Metodologija razvoja .....	50
3.2. KIoT model .....	59
3.2.1. Organizacione dimenzije .....	60
3.2.1.1. IoT strategija .....	61
3.2.1.2. Liderstvo .....	61
3.2.1.3. Organizaciona struktura .....	62

3.2.1.4. IoT tim .....	62
3.2.1.5. Sistem nagrađivanja.....	62
3.2.1.6. Deljenje znanja .....	63
3.2.1.7. Vrednovanje IKT u organizaciji .....	63
3.2.1.8. Digitalizacija poslovanja .....	64
3.2.1.9. Klijenti .....	64
3.2.1.10. Analitika.....	65
3.2.2. Tehnološke dimenzije .....	65
3.2.2.1. Klauđ aplikacije .....	65
3.2.2.2. Integracija – Midlver .....	66
3.2.2.3. Skalabilnost sistema.....	66
3.2.2.4. IoT referentna arhitektura .....	67
3.2.2.5. IoT uređaji .....	67
3.2.2.6. Prikupljanje podataka .....	67
3.2.2.7. Čuvanje podataka .....	68
3.2.2.8. Kvalitet podataka .....	68
3.2.2.9. Sigurnost podataka .....	69
3.2.2.10. Interoperabilnost mreže .....	69
3.2.2.11. Upravljanje mrežom.....	70
3.2.2.12. Logička sigurnost mreže.....	70
3.2.2.13. Fizička sigurnost mreže .....	71
3.2.2.14. Pokrivenost mrežom .....	71
3.2.3. Ispitivanje studenata .....	71
3.2.3.1. Informisanost studenata o IoT-u .....	72
3.2.3.2. Opremljenost studenata za IoT .....	73
3.2.3.3. Stav studenata prema IoT servisima.....	73
3.3. Upitnici i softverski alat .....	74
<b>4. TESTIRANJE KIOT MODELA .....</b>	<b>78</b>
4.1. Testiranje organizacionog upitnika .....	79
4.1.1. Rezultat dimenzije IoT strategija u SCNS.....	80
4.1.2. Rezultat dimenzije Liderstvo u SCNS .....	80

4.1.3. Rezultat dimenzije Organizaciona struktura u SCNS.....	81
4.1.4. Rezultat dimenzije IoT tim u SCNS .....	81
4.1.5. Rezultat dimenzije Sistem nagrađivanja u SCNS.....	82
4.1.6. Rezultat dimenzije Deljenje znanja u SCNS .....	82
4.1.7. Rezultat dimenzije Vrednovanje IKT u SCNS.....	83
4.1.8. Rezultat dimenzije Digitalizacija poslovanja u SCNS .....	83
4.1.9. Rezultat dimenzije Klijenti u SCNS.....	84
4.1.10. Rezultat dimenzije Analitika u SCNS.....	84
4.2. Rezultati tehnološkog upitnika .....	85
4.2.1. Rezultat dimenzije Ključne aplikacije u SCNS .....	85
4.2.2. Rezultat dimenzije Integracija - middleware u SCNS .....	86
4.2.3. Rezultat dimenzije Skalabilnost sistema u SCNS.....	86
4.2.4. Rezultat dimenzije Referentna arhitektura u SCNS .....	87
4.2.5. Rezultat dimenzije IoT uređaji u SCNS.....	87
4.2.6. Rezultat dimenzije Prikupljanje podataka u SCNS .....	88
4.2.7. Rezultat dimenzije Čuvanje podataka u SCNS .....	88
4.2.8. Rezultat dimenzije Kvalitet podataka u SCNS .....	89
4.2.9. Rezultat dimenzije Sigurnost podataka u SCNS .....	89
4.2.10. Rezultat dimenzije Interoperabilnost mreže u SCNS .....	90
4.2.11. Rezultat dimenzije Upravljanje mrežom u SCNS.....	90
4.2.12. Rezultat dimenzije Logička sigurnost mreže u SCNS.....	91
4.2.13. Rezultat dimenzije Fizička sigurnost mreže u SCNS .....	91
4.2.14. Rezultat dimenzije Pokrivenost mrežom u SCNS .....	92
4.3. Rezultati po potkategorijama .....	92
4.4. Rezultati studentskog upitnika .....	95
4.4.1. Rezultat ispitivanja informisanosti studenata o IoT-u.....	96
4.4.2. Rezultat ispitivanja opremljenosti studenata za IoT .....	97
4.4.3. Rezultat ispitivanja stava studenata prema IoT servisima .....	97
<b>5. DISKUSIJA REZULTATA TESTIRANJA.....</b>	<b>99</b>
5.1. Evaluacija KIoT modela.....	99
5.1.1. Efektivnost KIoT modela .....	99

5.1.2. Konzistentnost KIoT modela .....	109
5.1.3. Sveobuhvatnost KIoT modela .....	109
5.1.4. Rezime ocene KIoT modela.....	110
5.2. Disukusija rezultata studentskog upitnika .....	110
<b>6. ZAKLJUČCI I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>112</b>
Literatura .....	117

## 1. UVOD

U veliki broj uređaja (stvari) iz svakodnevnog života ugrađuje se sposobnost povezivanja na Internet. Povezivanjem na Internet je omogućeno daljinsko prikupljanje i razmena podataka koji se nakon obrade mogu koristiti za upravljanje različitim fizičkim parametrima (kao što su na primer temperatura, vlažnost vazduha), preduzimanje različitih akcija (npr. slanje obaveštenja određenoj grupi korisnika u slučaju nekog bezbednosnog ili zdravstvenog problema itd.), praćenje razvoja kompleksnijih interakcija u sistemu (npr. praćenje napretka u savladavanju gradiva, veze između napretka i prisustva nastavi itd.) [1]. Lični uređaji korisnika (personalni računari, tableti, pametni telefoni, pametni satovi i drugi uređaji), različiti senzori, kamere, vozila i slično postali su deo životne svakodnevnice. Povezivanjem ovakvih uređaja na Internet i njihovim uključivanjem u postojeće informacione sisteme dobijaju se napredniji sistemi koji su poznati pod nazivom Internet stvari (eng. Internet of Things, skraćeno IoT).

Termin IoT prvi put se pominje 1999. godine kada je Kevin Ashton sa MIT na jednom predavanju objasnio potencijal Interneta stvari na sledeći način: „Današnji računari – a samim tim i Internet – su skoro potpuno zavisni od ljudi kada su informacije u pitanju. Skoro sve od grubo procenjenih 50 petabajta (petabajt je 1024 terabajta) podataka raspoloživih na Internetu su prikupljeni i kreirani od strane ljudi, kucanjem na tastaturi, pritiskanjem tastera miša, pravljenjem digitalnih slika ili skeniranjem bar koda. Problem je što ljudi imaju ograničeno vreme, pažnju i tačnost – što ih ne čini baš pogodnim za uzimanje podataka o stvarima u stvarnom svetu. Kada bi imali računare koji znaju šta treba da znaju o stvarima – koristeći podatke koje prikupljaju bez naše pomoći – bili bi smo u stanju da pratimo i brojimo

sve i značajno smanjimo otpad, gubitke i troškove. Znali bi kada stvari treba zameniti, popraviti ili ažurirati, i da li su sveže ili im je prošlo najbolje vreme“ [2].

Zvanična definicija IoT-a ne postoji, postoje različite manje ili više slične definicije [3]. Neki IoT smatraju kao dodatak na “tradicionalni” Internet, drugi ga tretiraju kao narednu fazu u evoluciji Interneta. U oba slučaja rezultat će biti međusobna povezanost “svih” stvari. Razlika u dva pristupa je da “evolutivna” definicija IoT-a uključuje aktuelne računarske i mrežne uređaje, kao i pametne telefone, tablete, POS terminale i brojne druge senzore i inteligentne objekte koji se sve više pojavljuju na tržištu. Mada obe definicije imaju smisla, u radu se koristi evolutivna interpretacija jer uključuje sve relevantne elemente, i izbegava se podela na “tradicionalne” i IoT segmente. Tako dolazimo do definicije: IoT se odnosi na svaki sistem povezanih ljudi, fizičkih objekata, IT platformi i drugih tehnologija tako da bolje stvaraju, rade i upravljaju fizičkim svetom putem masovnog prikupljanja podataka, inteligentnim umrežavanjem, analizom prikupljenih podataka, i napredne optimizacije. Pod pojmom IoT podrazumevaju se i globalni IoT (nastao od globalnog Interneta), kao i lokalni, privatni IoT sistemi. [3]

Od prvog pominjanja termina IoT pa do njegove široke primene i popularnosti moralo je da prođe neko vreme i da dođe do napretka u različitim tehnologijama koje ga čine: senzorske tehnologije, tehnologije računarskih i komunikacionih mreža, tehnologije baza podataka, analize podataka itd. Danas postoje brojni primeri primena IoT tehnologija u preduzećima i institucijama svih vrsta, proizvodnim, uslužnim, javnim i privatnim, i u različitim oblastima: proizvodnja, zdravstvo, logistika, energija, građevinarstvo, prodaja itd. [4].

U predstojećoj dekadi očekuje se značajan uticaj primene IoT tehnologija na sve oblasti ljudskog društva [5], [6]. Sa sticanjem novih iskustava i saznanja i razvojem IT infrastrukture stvaraju se uslovi za mnogo širu primenu koja može rezultirati značajnim uštedama i poboljšanjem uslova života.

Primena IoT-a podrazumeva primenu različitih tehničkih elemenata: senzora, uređaja koji prate „stvari“, mrežna infrastruktura za prenos podataka, udaljeni i lokalni serveri za čuvanje podataka, alati za analizu da bi se pripremile kvalitetne informacije, softveri različitih namena, itd. [7]. Pored tehničkih zahteva, primena IoT-a zahteva i znanje iz domena

poslovanja preduzeća, poznavanje operativnih i strateških ciljeva i mogućnosti, finansijskih kapaciteta, zakonodavstva, bezbednosti i drugih poslovnih segmenata. Takođe, kao i kod uvođenja svake novine, veoma je važno pripremiti i ljude u organizaciji za primenu IoT-a, stvoriti ambijent, kulturu i potrebna znanja kako bi novi prilaz bio uspešno primenjen.

### **1.1 MOTIVACIJA I PREDMET ISTRAŽIVANJA**

Kao i većina organizacija koje upravljaju značajnim resursima, i univerziteti će biti u situaciji da imaju koristi uključujući IoT u svoju razvojnu strategiju [8]. IoT pruža nove mogućnosti za povećanje zadovoljstva kod klijenata a za univerzitet to znači mogućnost da ponudi nove studentske servise i unapredi već postojeće.

IoT je već prisutan na univerzitetima [9]. Primeri su, pored ostalog, praćenje zauzetosti prostorija, praćenje temperature u laboratorijama i slanje upozorenja kada se steknu određeni uslovi, sistemi video nadzora, kontrola ulaska, osvetljenja, potrošnje električne energije i drugi [1].

Sa jedne strane, primena IoT-a se nameće kao faktor opstanka organizacija i preduzeća u tehnološkoj eri dok je sa druge strane proces implementacije IoT rešenja izuzetno kompleksan kako sa tehnološkog, tako i organizacionog aspekta. Istraživanja pokazuju da je u većini kompanija IoT danas u početnoj fazi razvoja, primena je najčešće parcijalna, u začetku, putem pilot projekata (HCL-ov Global IoT Report 2017 navodi da je 6 od 10 ispitanih organizacija u početnim fazama istraživanja i definisanja strategije IoT-a [10]). U prilog tome govore rezultati Cisco-ovog opsežnog istraživanja o primeni IoT-a iz maja 2017. godine koji svedoče da skoro tri četvrtine sprovedenih IoT projekata nije donelo željene rezultate [11].

Iz prethodno navedenog može se zaključiti da proces primene IoT-a može zahtevati uključivanje različitih odeljenja i timova u organizaciji, domenskih eksperata, stručnjaka za informacioni i analitički inženjering (data scientists), stručnjaka za upravljanje podacima, kao i eksperata za mreže i različite uređaje. Organizacije mogu imati veoma različite početne pozicije u odnosu na primenu IoT-a – u odnosu na iskustva sa nekom od planiranih IoT tehnologija, postojanje vizije o značaju primene, finansijsku i kadrovsku pripremljenost.

Jedinstven način razvoja IoT strategije za sada ne postoji, a ključni problemi u primeni su [12]:

- 1) postavljanje ciljeva vezanih za IoT može biti teško jer su mnoge IoT tehnologije, poslovni modeli i standardi u fazi razvoja i nema iskustava u njihovoj primeni;
- 2) organizacije koje razmatraju uvođenje IoT-a imaju različit nivo iskustva u primeni nekih od (brojnih i raznovrsnih) IoT tehnologija, kao i u artikulaciji IoT vizije;
- 3) definisanje IoT vizije može biti veoma složeno i zahtevno, i često zahteva uključivanje različitih profila učesnika (različite poslovne funkcije organizacije, spoljni timovi, konsultanti) sa ciljem ubrzanja otkrivanja mogućnosti koje pruža IoT i načina kako on može biti iskorišćen za poboljšanje proizvoda/usluga i/ili stvaranja novih; i
- 4) posebna IoT strategija može biti korisna ali maksimalni benefit se dobija ako se uklapa u širu strategiju digitalizacije poslovanja organizacije.

Svaka strategija organizacije mora se odnositi na potrebe (koji su zahtevi organizacije), realizaciju (kako zadovoljiti potrebe), upravljanje (kako rangirati prioritete i finansirati inicijative) i sigurnost. Ono što čini IoT zahtevnijim u odnosu definisanja bilo koje druge IT strategije jeste činjenica da strana potreba često nije dobro shvaćena u organizacijama, i za većinu organizacija realno je očekivati više iteracija doterivanja vizije dok se ne utvrde potrebe. Slična situacija je i na strani realizacije strategije. Tehnologija napreduje veoma brzo dok su standardi i poslovni modeli uglavnom nepotvrđeni u praksi, tako da će i definisanje realizacije strategije proći kroz nekoliko iteracija do konačnog rešenja. Razvoj IoT strategije se ne razlikuje od razvoja drugih strategija po tome što je potrebno znati trenutno stanje ili poziciju organizacije sa ciljem da se odredi razlika u odnosu na buduće, željeno stanje ili poziciju [12].

Na osnovu navedenog, prvi korak u primeni IoT-a bila bi, pored razvoja strategije, ocena trenutnog stanja organizacije sa aspekta IoT tehnologija. Problematikom ocenjivanja spremnosti za IoT bave se različiti entiteti: velike konsultanske kuće (TDWI, Gartner, McKinsey i dr.), kompanije koje proizvode i promovišu IoT tehnologije (Intel, IBM, Cisco i dr.), zatim stručna tela kao i akademski krugovi. Mnogi ovi entiteti se bave i razvijanjem alata pomoću kojih se može odrediti trenutna pozicija organizacije u pogledu IoT-a. Ipak,



različnost interesa i profila ovih entiteta (vrlo često marketinški motivisanih, podstaknutih uticajima komercijalnih lobija velikih proizvodnih konglomerata usmerenih ka plasmanu sopstvenih proizvoda i tehnologija) stvara heterogenost u raspoloživim rešenjima modela i alata za ocenu spremnosti organizacija za primenu IoT-a [13]

Modeli za ocenu spremnosti (eng. readiness assessment) ili, veoma bliski modeli za ocenu zrelosti (eng. maturity), služe da omoguće ocenu trenutnog stanja posmatrane veličine, u ovom slučaju IoT-a, na evolutivnom putu organizacije. Sastoje se, pored ostalog, od niza predefinisanih nivoa spremnosti/zrelosti za domen koji je predmet ocenjivanja. Najniži nivo predstavlja inicijalno stanje koje, na primer, može biti okarakterisano kao takvo da organizacija ima male ili nikakve sposobnosti u posmatranom domenu. Nasuprot tome, najviši nivo predstavlja stanje potpune spremnosti/zrelosti. Napredak na evolutivnom putu između krajnjih vrednosti uključuje kontinuirani progres u pogledu sposobnosti organizacije ili performansi procesa [14].

Važnost primene IoT-a u cilju poboljšanja finansijskih, organizacionih, proizvodnih i drugih performansi organizacija kao i neminovnost prilagođavanja organizacija ovim tehnološkim trendovima i zahtevanoj interoperabilnosti IoT sistema vode ka stvaranju potrebe univerzalnog recepta za implementaciju IoT-a, a samim tim, i omogućavanje njegove šire primene. Tek poslednjih godina ulažu se naporu u stvaranju zajedničkih standarda za proces implementacije IoT rešenja u organizacijama, među kojima je i standard za definisanje IoT referentne arhitekture (eng. Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things) koje razvija društvo inženjera IEEE (eng. Institute of Electrical and Electronics Engineers) i koji se očekuje tek za nekoliko godina [15]. Stvaranje univerzalne i objektivne metodologije primene IoT-a je važan i opravdan pravac kako naučnog tako i stručnog rada.

Primena IoT-a u univerzitetskim kampusima razvija se širom sveta i u literaturi se mogu pronaći različita rešenja primene. Smanjenje operativnih troškova, optimalno korišćenje prostora (učionica, laboratorija, čitaonica, restorana, parkinga itd.), primena u obrazovnom procesu (testiranje, učenje na daljinu, virtuelna/proširena stvarnost), zdravlje (praćenje fizičke aktivnosti studenata, rano uočavanje potencijalnih simptoma depresije kod studenata), navigacija, pomoć studentima sa posebnim potrebama samo su neke od oblasti

u kojima se istražuju i/ili primenjuju IoT tehnologije [1], [9]. Univerziteti kao visoko obrazovne ustanove koji su uvek predstavljali centre akumulacije i širenja znanja, ne samo da moraju pratiti tehnološke trendove i potrebe tržišta kako bi im se prilagodili, već moraju ići i korak ispred u smislu anticipiranja budućih trendova i kreiranja odgovarajućih inovacionih studijskih programa i drugih formi intelektualnih usluga [9]. Povećano interesovanje tržišta za IoT tehnologije stvara potrebu za odgovarajuće obučanim inženjerima a današnji brucoši će sa fakulteta izaći u vreme kada će, po predviđanjima, IoT tehnologije biti zastupljene u velikom obimu. Mnogi univerziteti u svetu su uveli ili uvode kurseve koji se bave IoT tehnologijama [16].

Ipak, postojeći alati za implementaciju IoT-a su ili vrlo uopšteni [17], [20], ili namenjeni određenom profilu organizacije [18], ili imaju jednodimenzionalni, isključivo iz tehničke perspektive, pristup [19], [21], te kao takvi nisu pogodni za primenu u okruženju kakvo je univerzitetski kampus sa svojim specifičnostima; a standardizovana metodologija implementacije IoT-a još uvek ne postoji.

Stoga se jasno ukazuje potreba za teorijskim i empirijskim istraživanjem razvoja strategije primene IoT tehnologija u univerzitetskom kontekstu. U okviru ove disertacije istraženo je aktuelno stanje i mogućnosti integracije IoT tehnologija u Univerzitetskom kampusu u Novom Sadu, kao i mogućnost razvoja modela za ocenu trenutnog stanja univerzitetskih kampusa sa aspekta IoT-a. Na taj način rad je usmeren na dva važna polja primene IoT-a: doprinosenju stvaranja primenjenijeg rešenja integracije IoT-a i razvoju prakse IoT-a na univerzitetima.

Takođe, predmet istraživanja obuhvata razvoj i testiranje modela za ocenu spremnosti univerzitetskih kampusa za integraciju Interneta stvari u procese pružanja svojih usluga.

## **1.2 CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE**

Krajnji cilj istraživanja u okviru ove disertacije je razvoj modela za ocenu spremnosti univerzitetskih kampusa za IoT. Za dostizanje ovog cilja, neophodno je istražiti i uporediti postojeće modele za ocenu spremnosti za IoT. Zatim, potrebno je analizirati specifičnosti univerzitetskih kampusa u pogledu primene IoT servisa i utvrditi koje su to relevantne dimenzije IoT-a u posmatranom slučaju. Dalje, pošto je obim i vrsta IoT servisa koji se mogu

primeniti u kampusu u zavisnosti od spremnosti klijenata, stanara univerzitetskih kampusa, za IoT, neophodno je oceniti i njihovu spremnost za ovu vrstu servisa. Kao rezultat istraživanja, očekuje se dobijanje modela za ocenu spremnosti za IoT, upitnika i softverskog alata za primenu modela, i upitnika za ocenu spremnosti stanara kampusa za IoT.

Na osnovu postavljenih ciljeva i trenutnog stanja u oblasti modela za ocenu spremnosti za IoT, mogu se postaviti sledeće hipoteze istraživanja:

*H1. Moguće je razviti model za ocenu spremnosti univerzitetskih kampusa za IoT.*

*H2. Stanari univerzitetskih kampusa su spremni za korišćenje IoT servisa.*

### **1.3 STRUKTURA DISERTACIJE**

Disertacija je organizovana u 6 poglavlja.

Prvo poglavlje daje uvod u oblast istraživanja, kao i predmet i ciljeve istraživanja sprovedenog u okviru disertacije.

Drugo poglavlje daje osnovna teorijska razmatranja sa aktuelnim stanjem u oblasti istraživanja. U okviru drugog poglavlja, predstavljene su teorijske podloge i pregled literature relevantne za sprovođenje istraživanja: IoT, sa posebnim naglaskom na primenu u univerzitetskim kampusima, modeli za ocenu spremnosti organizacije za IoT. Potpoglavlja drugog poglavlja uključuju i aktuelna istraživanja u okviru datih podoblasti.

Treće poglavlje daje prikaz metodologije razvoja i predlog modela za ocenu spremnosti univerzitetskih kampusa za IoT. U okviru prikaza metodologije razvoja je obrazloženo zašto je baš ona izabrana kao najpodesnija za razvoj modela za ocenu spremnosti i prikazani su njeni osnovni koraci. U okviru modela određene su 24 dimenzije organizacije relevantne za IoT i njegovu primenu u kampusu. Dimenzije su grupisane u 6 potkategorija i 2 kategorije. Za svaku od dimenzija su definisani su parametri za 3 stanja, početno, srednje i napredno. Na osnovu modela definisani su organizacioni i tehnološki upitnik. Zatim je prikazan upitnik razvijen radi ispitivanja spremnosti stanara kampusa za IoT. I konačno, na kraju poglavlja je prikazan softverski alat koji je razvijen radi lakše primene razvojenog modela.

Četvrto poglavlje opisuje metodologiju testiranja i prikazuje rezultate testiranja razvijenog modela u realnom sistemu. Prikazani su rezultati dobijeni testiranjem svake od 24 dimenzije modela, zatim rezultati po potkategorijama, i konačno, rezultati testiranja spremnosti studenata za IoT.

Peto poglavlje uključuje detaljnu analizu rezultata dobijenih testiranjem modela i diskusiju koja prati postavljene hipoteze istraživanja. Prikazana je evaluacija testiranog modela koja, prema usvojenoj metodologiji njegovog razvoja, obuhvata proveru efektivnosti, konzistentnosti i sveobuhvatnosti modela. Nakon toga su diskutovani rezultati testiranja stanara univerzitetskog kampusa za spremnost za IoT na osnovu njihove informisanosti o IoT-u, opremljenosti za IoT, i stava u odnosu na IoT servise.

Šesto poglavlje daje zaključke koji su izvedeni na osnovu rada i istraživanja u okviru ove disertacije, sa posebnim naglaskom na doprinose disertacije, kao i otvorena nova istraživačka pitanja i pravce istraživanja.

Na kraju disertacije dat je spisak relevantne naučne i stručne literature koja je korišćena u okviru disertacije.

## **2. OSNOVNA TEORIJSKA RAZMATRANJA SA PREGLEDOM LITERATURE**

U ovom poglavlju je dat teorijski pregled oblasti koje su relevantne za izradu disertacije. Najpre je definisan Internet stvari (eng. Internet of Things – IoT) putem prikaza dva aktuelna, u naučnoj i stručnoj zajednici šire prihvaćena, referentna modela sa osvrtom na tekuće stanje u ovoj oblasti. Nakon toga dat pregled i analizirana trenutnog stanja i očekivanja od IoT-a na univerzitetskim kampusima. U poslednjem delu poglavlja prikazane su postojeće karakteristične metode za ocenu spremnosti organizacije za IoT.

### **2.1 IOT REFERENTNI MODELI**

Primena IoT tehnologija je danas raznovrsna. Senzori, aktuatori, lični uređaji koji komuniciraju putem internet konekcija primenjuju se u različitim oblastima: industrijskoj proizvodnji, zdravstvu, transportu, energetici i dr. [4]. Ipak, smatra se da je današnja primena tek vrh ledenog brega u odnosu na ono što se očekuje u narednim godinama. U narednom periodu se očekuje da broj senzora i aktuatora bude uvećan tri do četiri puta, i da će stalni porast broja senzora i sofisticiranje obrade prikupljenih podataka dovesti do značajne kvalitativne promene načina na koji živimo i radimo. Nastaće složeni sistemi koji će sinergetskim delovanjem stvoriti potpuno nove i nepredvidljive usluge [22].

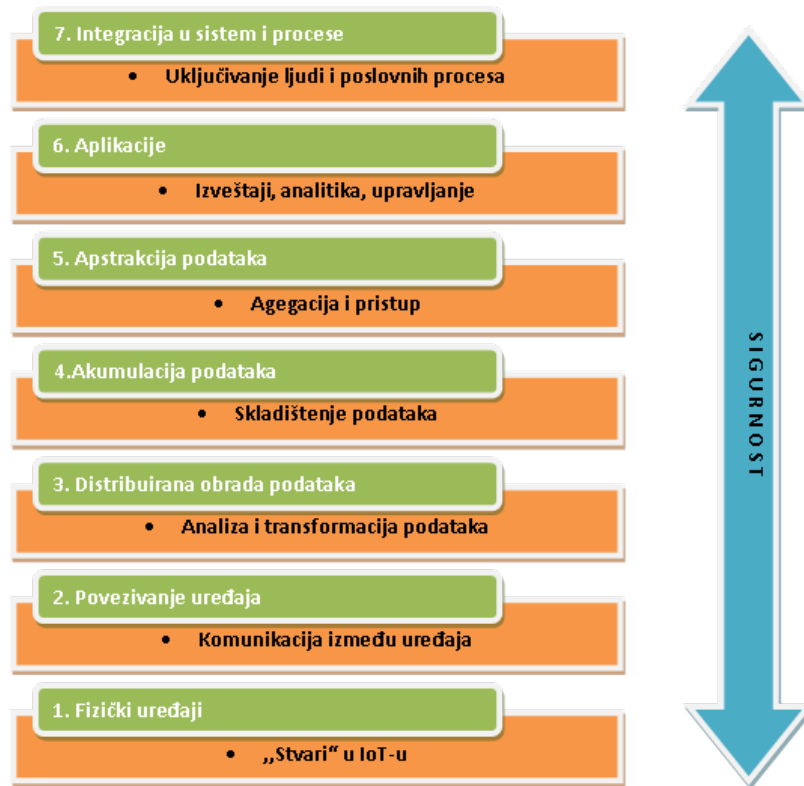
Da bi IoT sistemi različitih namena mogli međusobno da komuniciraju i sarađuju neophodan je visok nivo standardizacije u ovoj oblasti [23]. Iako način primene IoT tehnologija može biti različit po složenosti, tehničkim i netehničkim zahtevima u različitim oblastima, smatra se da je potrebno da postoji jezgro IoT tehnologija zajedničko za sve domene koje će omogućavati saradnju različitih sistema [22]. Zajedničko jezgro treba da bude deo svih IoT sistema i očekuje se da nastane kao rezultat razvoja IoT referentne arhitekture [23]. IoT referentna

arhitektura se razvija na osnovu referentnog modela IoT-a, koji definiše koncepte i definicije na kojima arhitektura može biti razvijena [24]. Razvoj i standardizacija IoT arhitekture predmet je brojnih istraživanja u svetu. Postoji rasprostranjeno mišljenje da će IoT platforma biti posmatrana kao deo infrastrukture, kao električna struja ili voda koja se koristi za različite namene. [22]

Trenutno u svetu ne postoji jedan opšteprihvaćeni model IoT-a. Dva u široj javnosti prihvaćena modela su model koji je kompanija Cisco predstavila 2014. godine na Svetskom IoT forumu (IoT World Forum), i drugi - model koji je razvijen u okviru IoT Architectural Reference Model (IoT ARM) projekta [24], a koji su prikazani u nastavku poglavlja. Pored toga, u toku je projekt P2413 pokrenut od strane IEEE (eng. Institute of Electrical and Electronics Engineers) sa ciljem razvoja jedinstvene, opšteprihvaćene, IoT referentne arhitekture, čiji prikaz je dat nakon opisa modela.

### **2.1.1 Ciskov referentni model**

Ciskov IoT referentni model IoT-a je jedan od šire prihvaćenih IoT modela od strane IoT zajednice. Predložen je na Svetskom forumu IoT 2014. godine [25]. Sastoji se iz 7 nivoa kako je prikazano na slici 2.1. Prvi, najniži nivo IoT-a je fizički nivo, i obuhvata objekte koji praktično čine „stvari” u konceptu IoT-a, odnosno različite senzore, uređaje, aktuatora, mašine, itd. Drugi je nivo veze, koji obezbeđuje komunikaciju između uređaja, kao i obradu podataka. Treći nivo obuhvata distribuiranu obradu i transformaciju podataka. Četvrti nivo obezbeđuje akumulaciju, odnosno skladištenje podataka. Peti nivo uključuje apstrakciju podataka, agregaciju i pristup podacima. Šesti nivo je nivo aplikacije, koji omogućava upravljanje, analizu stanja i nadzor sistema, izveštavanje i sl. Sedmi, najviši nivo, uključuje ljude i poslovne procese kao krajnje korisnike IoT servisa.



Slika 2.1 Ciskov IoT referentni model [25]

Kao poseban segment, izdvojen sa strane, navedena je sigurnost. Sigurnost se odnosi na svaki od nivoa modela na specifičan način i ima zadatak da obezbedi svaki uređaj u sistemu, obezbedi sigurnost za sve procese na svakom nivou, i osigura tokove podataka i komunikaciju između svakog nivoa u oba pravca.

### 2.1.2 IoT ARM-A referentni model

IoT ARM-A referentni model služi da ustanovi zajedničku osnovu i zajednički jezik za IoT arhitekturu i IoT sisteme [24]. Sastoji se od podmodela kako je prikazano na slici 2.2, a koji su opisani u nastavku. Žute strele pokazuju kako se koncepti i aspekti jednog modela koriste kao polazna osnova za druge.

Osnovu IoT ARM-A referentnog modela predstavlja model IoT domena, koji definiše glavne koncepte IoT-a kao što su uređaji, IoT Servisi i virtuelni entiteti (u daljem tekstu: VE), kao i relacije među njima. Nivo apstrakcije modela IoT domena je odabran tako da ti koncepti

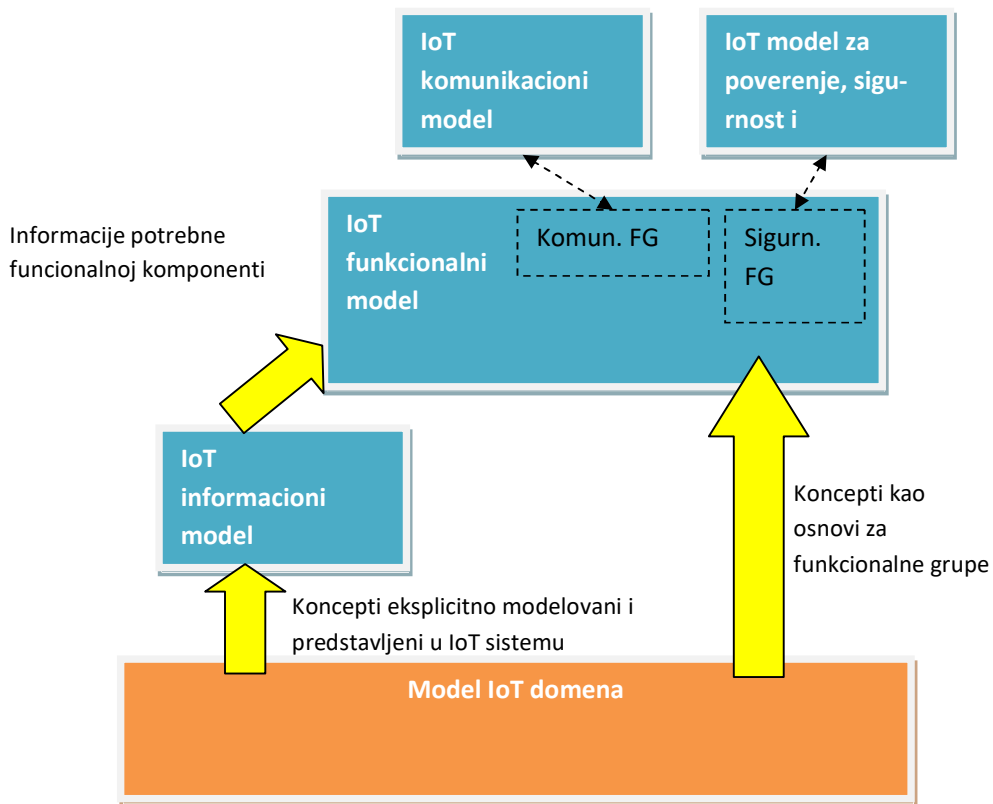
biti nezavisni od određene tehnologije ili poslovne primene. Ideja iza ovakvog izbora je da se ne očekuje da će se ti koncepti mnogo menjati u narednoj dekadi ili duže [24].

Na osnovu modela IoT domena razvija se IoT informacioni model. On definiše strukture (npr. relacije i atribute) za relevantne informacije iz IoT sistema na konceptualnom nivou bez razmatranja kako će oni biti predstavljeni. Odgovarajuće informacije tih koncepata modela IoT domena se modeliraju, određuje se kako se prikupljaju, skladište i obrađuju, npr. informacije o uređajima, IoT servisima i VE.

IoT funkcionalni model identifikuje grupe funkcionalnosti, od kojih se većina zasniva na ključnim konceptima domena IoT modela. Neke od tih funkcionalnih grupa (u daljem tekstu: FG) nadograđuju se jedna na drugu, na osnovu relacija identifikovanih u Modelu IoT domena. Funkcionalne grupe sadrže funkcionalnosti za interakcije sa instancama tih koncepata, ili upravljaju informacijama koje se odnose na njih, npr. informacijama o VE ili opisima IoT servisa. Pomenute funkcionalnosti FG koje upravljaju informacijama koriste IoT informacioni model kao osnov za struktuiranje svojih informacija.

Ključna funkcionalnost u bilo kom distribuiranom računarskom sistemu je komunikacija između različitih komponenti. Jedna od karakteristika IoT sistema je česta pojava heterogenosti primenjenih komunikacionih tehnologija, što je obično direktna posledica složenosti zahteva koje takvi sistemi moraju da ispune [25]. IoT komunikacioni model uvodi koncepte za rukovanje složenom komunikacijom u heterogenim IoT okruženjima. Komunikacija takođe čini jednu FG u IoT funkcionalnom modelu.





Slika 2.2 Interakcija podmodela IoT ARM-A referentnog modela [24]

Konačno, sigurnost i privatnost podataka su važni u tipičnim scenarijima primene IoT-a. Zbog toga su sve relevantne funkcionalnosti, njihove međuzavisnosti i interakcije sadržane u IoT PSP (Poverenje, Sigurnost i Privatnost) modelu. Kao i u slučaju sa komunikacijom, Sigurnost čini jednu FG u IoT funkcionalnom modelu.

### 2.1.3 Standard P2413

Standard P2413 pod nazivom „Standard za okvirnu arhitekturu Interneta stvari” (eng. Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things). P2313 standard je iniciran i vođen od strane IEEE Standards Association-ovog (IEEE-SA) Industry-Strategic IoT tima, sa fokusom na zadovoljavanje potreba tržišta na rastućem IoT polju. Sponzorisan je od strane IEEE-SA-ove Corporate Advisory Group koju čini preko 200 kompanija zainteresovanih za IoT. Ideja je da se drži balansiran fokus na industriju / tržište / tehnologiju i standardizovani eko sistem u okviru razvojnog okruženja. [15]

Kako autori navode, svrha i motivacija za pokretanje ovog projekta mogu se pronaći u sledećem [15]:

- IoT je ključan za mnoge novonastale i buduće „pametne“ aplikacije i tehnološke inovacije na različitim tehnološkim tržištima. Povezani kupci, pametne kuće i zgrade, e-zdravlje, pametne električne mreže, industrijski IoT, pametni gradovi samo su neki od primera. Tako se predviđa da će IoT biti jedan od ključnih faktora rasta na tim tržištima;
- Većina trenutnih aktivnosti vezanih za standardizaciju IoT-a odnosi se na specifične domene i grupe zainteresovanih učesnika. Kao posledicu toga imamo situaciju da su te aktivnosti izolovane, i često redundantne. IoT Referentna arhitektura (architectural framework) razvijena u okviru ovog standarda će podsticati međudomensku interakciju, pomoći interoperabilnosti i funkcionalnoj kompatibilnosti između sistema, i time doprineti daljem rastu IoT tržišta.

U okviru projekta razvoja ovog standarda definisani su sledeći ciljevi:

- ubrzanje rasta IoT tržišta omogućavanjem međudomenske interakcije i unifikacije platforme kroz povećanje kompatibilnosti, interoperabilnosti i povećanju mogućnosti funkcionalne razmene;
- definisanje IoT referentne arhitekture koja pokriva arhitekture u različitim IoT domenima;
- povećanje transparentnosti arhitekture sistema da bi se omogućilo upoređivanje sistema (benčmarking), kao i procene njihove bezbednosti i sigurnosti;
- smanjenje industrijske fragmentacije i stvaranje kritične mase od što većeg broja zainteresovanih strana širom sveta;
- koordinacija tekućih aktivnosti na polju standardizacije IoT-a.

Ovaj standard definiše okvirnu arhitekturu za IoT, uključujući opise različitih IoT domena, definicije apstrakcija IoT domena, i identifikaciju zajedničkih segmenata između različitih IoT domena.

Okvirna arhitektura za IoT će sačinjavati [15]:

- referentni model koji će definisati relacije između različitih IoT domena (npr. transport, e-zdravlje, itd.) i zajedničke elemente arhitektura;
- referentnu arhitekturu koja:
  - o je napravljena na osnovu referentnog modela,
  - o definiše osnovne segmente arhitekture koje karakteriše da mogu biti integrisani u višeslojne sisteme,
  - o definiše kako dokumentovati i umanjiti divergenciju arhitektura iz različitih domena;
- definiše uputstva za apstrakciju podataka i četvorku poverenja koja uključuje zaštitu, sigurnost, privatnost i bezbednost.

Za opise arhitekture koriste se preporuke definisane ISO/IEC/IEEE 42010 Systems and software engineering - Architecture description (2011) standardom.

## **2.2 IOT I UNIVERZITET**

Kao i većina organizacija koje upravljaju značajnim resursima, i univerziteti su u situaciji da imaju koristi od uključivanja IoT-a u svoju razvojnu strategiju [8]. IoT pruža nove mogućnosti za povećanje zadovoljstva kod klijenata. Za univerzitet to znači mogućnost da ponudi nove studentske servise i unapredi već postojeće.

IoT je već prisutan na univerzitetima [9]. Primeri su, pored ostalog, praćenje temperature u laboratorijama i slanje upozorenja kada se steknu određeni uslovi, sistemi video nadzora, kontrola ulaska, osvetljenja, potrošnje električne energije, korišćenje fitnes uređaja za praćenje indikatora zdravlja studenata, i mnogi drugi. [1]

U sklopu svojih istraživanja, edukacije i svakodnevnih servisa univerziteti moraju da upravljaju značajnim sredstvima. Usvajanje IoT na nivou univerzitetskog kampusa može značajno smanjiti operativne troškove preko unapređenog nadzora opreme i optimizacije iskorišćenja vremena. Usvajanje pasivnih, na RFID-u zasnovanih sistema za praćenje je očigledan primer kako IoT može koristiti organizaciji. Primenom aktivnog, na senzorima zasnovanog, praćenja može omogućiti još širi spektar koristi kako u istraživačkim, tako i u edukativnim i svakodnevnim aktivnostima. Primena u svakodnevnim operativnim

aktivnostima, na primer transport, navigacija, pomoć studentima sa hendikepom, rashladnim i grejnim sistemima i sl., je samo vrh ledenog brega. Najinteresantnije su mogućnosti koje IoT pruža za poboljšanje najvažnijeg servisa koje univerzitet pruža – edukaciju [8].

Pametna edukacija, koncept koji opisuje učenje u digitalnom dobu, je predmet velikog interesovanja i istraživanja u mnogim zemljama sveta danas. Razvoj novih tehnologija i njihova primena u obrazovanju omogućava efektivniji, efikasniji, fleksibilniji i komforniji proces edukacije. Primena tehnologija u procesu obrazovanja opisana je terminom *tehnologijom unapređeno učenje* (eng. technology-enhanced learning – TEL) [26].

Kako se navodi u [26] inteligentne tehnologije kao što su kloud procesiranje, analitika učenja, big data, IoT, nosivi uređaji (eng. wearables) podstiču razvoj pametnog obrazovanja. Kloud procesiranje, analitika učenja i big data tehnologije sa fokusom na to kako podaci iz procesa učenja mogu biti obuhvaćeni, analizirani i usmereni na unapređenje učenja i predavanja, podržavaju razvoj personalizovanog i adaptivnog učenja. Sa adaptivnim tehnologijama učenja, edukativne platforme reaguju na podatke svakog pojedinačnog studenta i prilagođavaju instruktivne resurse na osnovu analize njegovih rezultata, a takođe mogu koristiti grupne podatke većeg broja studenata radi dublje analize i adaptacije kurikuluma uz pomoć big data tehnologija.

Dalje, nosivi uređaji mogu biti podrška u razvoju kontekstualnog učenja. Učenicima koji poseduju pametne uređaje mogu biti prosleđene različite, za proces učenja relevantne, informacije. Takođe, nosivi uređaji mogu integrisati podatke o lokacijama, evidenciji vežbi (eng. exercise log), interakciju na društvenim mrežama i različite vizuelne alate u edukativni proces [26].

Inteligentni kampus (i-kampus) predstavlja novu paradigmu razmišljanja primenjivu na sveobuhvatno inteligentno okruženje kampusa koje uključuje najmanje nekoliko oblika inteligencije kampusa, kao što su holističko e-učenje, društveno umrežavanje i komunikacija u radnoj saradnji, zelene održive tehnologije, Informaciono komunikacione tehnologije (IKT) sa inteligentnim sistemima za upravljanje sensorima, prevencija zdravlja i lečenje, inteligentno upravljanje objektima sa automatizovanom kontrolom bezbednosti i nadzorom, i vizuelnim alatima za upravljanje kampusom i izveštavanje [27].

Ali, kako navodi Itai Asseo, direktor za strateške inovacije kompanije Salesforce, ne podrazumevaju sva IoT rešenja korišćenje novih uređaja, ili „stvari“ [1]. Mnogi studenti i osoblje već imaju i svakodnevno koriste veoma moćne IoT uređaje u vidu mobilnih uređaja. Na primer, povezujući bazu podataka studentskih radova, studentov raspored časova i doba dana, administracija može slati obaveštenja i upozorenja u trenutku kada su ona najefektivnija, i svaka poruka može biti lično prilagođena studentu. Dodatno, primenom nekih elemenata karakterističnih za računarske igre (osvajanje bodova, takmičenje sa drugima, pravila igre), institucija može digitalno nagraditi studenta za završetak nekog zadatka na vreme. Za stvarnu inovativnost, kampusi moraju kombinovati informacije koje prikupljaju sa uređaja i drugih izvora sa ciljem predviđanja akademskog napretka studenata, i identifikovanja problematičnih područja i rizika od iscrpljivanja.

Megi Džonson, direktorka Guglovog sektora za edukaciju i odnose sa univerzitetima, ističe da su u odnosu na postojeće gorenavedene primene, interesantniji potencijalni benefiti od povećanog stepena povezanosti koji će omogućiti unapređenje obrazovnog procesa - predavanja i usvajanja znanja, ili omogućiti nove načine rada [1]. Na primer, široko rasprostranjen pristup računarskim resursima, on-lajn pristup kvalitetnim sadržajima, i socijalni mediji i veze mogu biti korišćeni da se unapredi proces edukacije.

Bob Nilson, jedan od direktora kalifornijske kompanije Ekstremne mreže nabraja primere pametnih IoT uređaja koji se danas već koriste u školama: e-knjige i tableti, senzori u hodnicima, ulazima, učionicama, razne vrste fitnes i drugih nosivih uređaja, virtuelni i AR (eng. Augmented reality – proširena stvarnost) uređaji, roboti, video senzori, pametni ekrani, svetla, brave [1]. Podaci sa tih uređaja mogu biti korišćeni za jednostavno praćenje (npr. prisustva studenata, stanje zaliha) ili za kompleksniji nadzor (npr. razumevanje navika učenja studenta praćenjem napredovanja kroz e-knjigu i adaptibilni sistem učenja). Podaci takođe mogu biti korišćeni za kontrolu. Na primer, IoT nudi sredstva za fina podešavanja sistema za klimatizaciju i grejanje omogućavajući da sve prostorije u kampusu budu održavane optimalno komforne uz minimum troškova.

Nilson dalje smatra da će u budućnosti tri kategorije IoT uređaja imati znatno veću primenu u kampusima: udaljeni roboti, virtuelni, AR i kombinovani uređaji, i digitalne knjige koje će

omogućavati adaptabilno učenje. Uređaji za adaptabilno učenje će pratiti koliko dobro student savladava gradivo, i moći će da obezbede dodatnu edukaciju u različitim oblicima: video, tekst, eksperiment, ili čak virtuelne prikaze sadržaja. Njegova procena je da će broj različitih uređaja po studentu biti od pet do deset: pametni telefoni, fitnes uređaji, tableti, laptop računari, konzole za igre, pametni nakit (Ringlu ili Pebble), neprenosivi uređaji kao što su pametni televizori, vi-fi sijalice i vi-fi zvučnici u sobama, drugi mali pametni aparati, ekrani koji se nose na glavi (eng. headsets).

Kako ističe Nilson, jedna od najznačajnijih akademskih dobiti koje IoT donosi u visoko obrazovanje je značajno unapređeno, visoko-kvalitetno udaljeno prisustvo. Studentima koji su sprečeni da fizički prisustvuju nastavi u učionici, mogu biti dočarane slike, zvuci, pa čak i mirisi u njoj. Udaljeni studenti mogu učestvovati u nastavi uz korišćenje pametnih udaljenih video bimova (npr. Beam, Double Robotics). Takođe, studenti više ne moraju biti prisutni u laboratoriji pri izvođenju naučnih eksperimenata. IoT uređaji kao što je TetraScience povezuje eksperiment i instrumente na Internet, i omogućavaju udaljenu kontrolu i nadzor. Servisi PoketLab i Lab4U povezani preko pametnih telefona predstavljaju moćna, i po ceni pristupačna, sredstva koja imaju mogućnosti da mere ubrzanje, silu, ugaonu brzinu, snagu magnetnog polja, pritisak, nadmorsku visinu, temperaturu. Kombinovanjem tih senzora sa robotima i kontrolerima, omogućuje udaljenim, onlajn studentima da učestvuju u eksperimentima svih vrsta.

Zdravlje i bezbednost studenata takođe mogu biti unapređeni različitim nosivim uređajima (wearables), video nadzorom, i detektorima dima, vatre i opasnih zvukova (npr. pucnjave iz oružja). Kolektivna aktivnost studenata u učionici može biti praćena merenjem promena u temperaturi, procenta ugljen-dioksida, i nivoa buke. Studenti mogu biti individualno praćeni preko fitnes uređaja koji mere puls, telesnu temperaturu, nivo kiseonika, ili posebnim uređajima koji se nose na glavi (npr. Muse), a koji mogu da mere moždane talase studenta i prosleđuju snimljene podatke o njegovoj kognitivnoj aktivnosti tokom časa [1].

Postoje indicije da će uštede koje će IoT omogućiti stvoriti uslove za smanjenje školarine [1].

Mreža u kampusu postaje računarski IoT nervni sistem, kritičan za funkcionisanje različitih logističkih sistema i edukativnog okruženja. Taj nervni sistem mora biti baziran na pouzdanoj sveprisutnoj vi-fi mreži visoke gustine i visokog kapaciteta [1].

Čalapati Neti, potpredsednik IBM-ovog Education Innovation centra, posebno ističe značaj AR (Augmented Reality - Proširena realnost) [1]. Smatra da će AR transformisati sve, od igara preko umetnosti do edukacije. Ceo život provodimo u interakciji sa 2D modelima (npr. papiri, table, ekrani, telefoni), ali AR će nas primorati da promenimo sve što znamo o interakciji čovek – računar. AR ima potencijal da revolucionarno promeni obrazovanje – nesputana ograničenjima fizičke učionice, edukacija može postati mnogo više od predavanja i testiranja, zaključuje Neti.

T.Dž. Kostelo, IoT direktor iz Cisco US Public Sector-a ističe da IoT otvara različite mogućnosti za fakultete, osoblje i studente [1]. Sa IoT-om studenti mogu pohađati bilo koji čas, u bilo koje vreme, sa bilo kog uređaja – čime im je omogućena značajna fleksibilnost da koriste ponuđene sadržaje i znanja kada i gde žele. IoT briše tradicionalne barijere predavanja i učenja omogućavajući i univerzitetima istu fleksibilnost da ponude bogatije sadržaje i dozvoljavajući im da se povežu sa ekspertima širom sveta i kreiraju robusna, hibridna edukativna okruženja.

On takođe ističe da studenti dolaze u kampuse danas sa povećanim očekivanjima u smislu ugođaja prilikom obavljanja administrativnih poslova, snalaženja u prostoru [1].

Čak Benson, pomoćnik direktora za informacione tehnologije Univerziteta u Vašingtonu ističe razlike tradicionalnih IT i IoT sistema: IoT sistemi se razlikuju od tradicionalnih IT sistema i sistema za upravljanje podacima, i zahtevaju nove pristupe da bi se povratila uložena sredstva. Prema Bensonu, pet faktora razlikuje IoT sistem od drugih tehnoloških sistema [29]:

- 1) brojnost uređaja - predviđanja o rastu broja povezanih uređaja su već pomenuta;
- 2) velika raznovrsnost tipova uređaja - raznovrsnost tipova uređaja, kao i hardverskih i softverskih komponenti ugrađenih u njih je veoma visoka. IoT uređaji obavljaju veoma različite zadatke, od merenja protoka energije, video nadzora prostora,

praćenja broja otkucaja srca, praćenja kvaliteta vazduha, do mnogih drugih. Uređaji mogu imati različite tipove hardvera i softvera od različitih proizvođača. Ova raznovrsnost otežava da se identifikuju kategorije uređaja što bi bilo od koristi kod pristupa razvoju upravljanja rizikom;

- 3) nedostatak jezika i opšteprihvaćenog koncepta za diskusiju i jednostavnu kategorizaciju i klasifikaciju uređaja - ne postoji opšte prihvaćen referentni model IoT-a i IoT sistema. Ovaj nedostatak otežava planiranje implementacije IoT sistema i upravljanje rizicima. Takođe, teško je utvrditi standarde i specifikacije ugovornih obaveza između naručioca i prodavaca IoT opreme;
- 4) činjenica da se prostiru kroz većinu organizacionih jedinica organizacije - IoT sistemi uopšteno, a posebno u univerzitetskom okruženju, imaju tendenciju da prostiru preko granica jedne institucije. Na primer, sistemi za kontrolu okruženja za velike istraživačke prostore često se implemetiraju u novije vreme. Ti sistemi obično prate i regulišu temperaturu, vlažnost, kvalitet vazduha, kretnje i mnoge druge faktore. Rezultati ovih merenja se koriste za potrebe bezbednosti, energetske efikasnosti, ispunjenja propisa, i druge istraživačke potrebe. Implementacija sistema za kontrolu okruženja najverovatnije će angažovati centralno IT odeljenje institucije, tim koji se bavi održavanjem, rukovodioce istraživačkih timova, distribuirane ili lokalne IT sektore, i bar jednog, a verovatno veći broj, dobavljača. U takvim situacijama često nisu najjasnije nadležnosti oko upravljanja i nadzora za ceo sistem;
- 5) činjenica da su stotine ili hiljade uređaja ugrađeni u infrastrukturu koja nas okružuje najčešće je van vidokruga i nismo je svesni - konačno, IoT sistem je jedinstven po tome što je većina tehničkog dela sistema, računarske i mrežne krajnje tačke, ugrađeno u fizičku infrastrukturu, van vidokruga tako da korisnici nisu svesni njegovog postojanja. Inteligentne električne mreže ili sistem za upravljanje energijom može imati na hiljade umreženih procesora i senzora ugrađenih u objekte kampusa, a korisnici i ne razmišljaju o njima jer ih ne vide;

Ističući kompleksnost implementacije IoT-a koje zahteva složene odnose sa dobavljačima, probleme održavanja usled većeg broja dobavljača, Benson naglašava neophodnost razvoja strategije i planiranja u pogledu uvođenja IoT sistema i upravljanja odnosa sa dobavljačima.

„Sa druge strane, pošto mi ne znamo šta će biti naredna IoT inovacija, kako utvrditi



strategiju? Iako će IoT strategija i planovi sigurno biti nesavršeni, nekompletni i kratkoročni u ovoj fazi, cena njihovog izostanka je mnogo veća.“ ističe Benson.

IoT i IoT sistemi imaju potencijal da donesu značajan doprinos visokoobrazovnim institucijama. Ali implementacija tih sistema stvara novine u našim postojećim IT i upravljačkim ekosistemima. Upravljanju tim vezama se mora posvetiti da bi se dostigla puna vrednost IoT-a, zaključuje Benson.

Boni Tijerina, istraživač u Data & Society naglašava da je tradicionalni model dobijanja dozvole i upoznavanja sa posledicama (informed consent) na početku istraživanja često nedovoljan kada se radi o istraživanju nad velikim skupom podataka (big data) [30]. Dodatno, sekundarna upotreba podataka o ljudima prikupljenim od strane treće strane spada u sivu zonu: smatra se izuzetkom jer su podaci već prikupljeni. Ipak, neki istraživači smatraju to neadekvatnim, i zalažu se veću kontrolu nad ovom čestom praksom zbog bojazni od mogućnosti reidentifikacije (mogućnosti identifikovanja pojedinca na osnovu većeg broja anonimnih podataka), ili narušavanja privatnosti do kog može doći daljom analizom ili agregacijom podataka.

Dalje, Tijerina ističe da povećano interesovanje za preuzimanjem online podataka dovodi do pitanja o njihovoj upotrebi, pravilima masovnog preuzimanja podataka, autorskih prava, i zakonitom pristupanju istima.

Na kraju, Tijerina se osvrće na nedostatak formalne obuke o etičkim pitanjima na tehničkim fakultetima. Istraživači u računarskim naukama imaju malo ili nimalo formalne ili sistematične obuke o etičkim pitanjima u toku obrazovanja u odnosu na istraživače na polju medicine ili psihologije. Oni obično koriste neformalne mreže, ili uče od nadređenih u toku rada kada naiđu na problem te vrste prvi put. Različite formalne i neformalne strukture i servisi pomažu da se prevaziđe ovaj nedostatak u kampusima. Ipak, znanje o tim mehanizmima se često prenosi od usta do usta, često nisu univerzalni, i ponekad se uviđaju tek nakon kršenja, zaključuje Tijerina.

Florens Hadson, viši potpredsednik i šef za inovacije Internet2 asocijacije posebnu ulogu visokog obrazovanja u IoT-u vidi u sledećem. Visoko obrazovanje može biti predvodnik u

razvoju tehnologija, poslovnih modela, etike, i lider u IoT-om podržanom svetu. Na primer, profesori inženjerstva i računarskih nauka mogu usmeriti svoju delatnost ka unapređenju IoT tehnologija, uključujući i sigurnosne aspekte. Oni mogu raditi sa poslovnim školama na razvoju programa i kreiranju IoT sekcija koje bi se bavile kreiranjem novih poslovnih modela. Pravni fakulteti mogu obučavati IoT etiku, privatnost i regulativu. Medicinari mogu edukovati o primeni IoT u polju medicine, itd. Kroz ove aktivnosti, zajednica visokog obrazovanja može raditi interdisciplinarno na razvoju tehnologija, poslovnih modela, i predvoditi IoT ekonomiju budućnosti, smatra Hadsonova [9].

IoT-u je potrebno istraživanje i razvoj – koje istraživači, predavači, i studenti u visokom obrazovanju mogu predvoditi. Oni su u jedinstvenoj poziciji da predvode istraživanje i razvoj novih IoT uređaja, aplikacija, sistema i servisa, zaključuje Hadsonova.

Ranije pomenuti Itai Asseo, osim pogodnosti od IoT-a ukazuje i na neke moguće probleme [1]: jedna od najvećih prednosti povezanog kampusa otkriva takođe i neke moguće probleme. Sa svakim IoT korisničkim iskustvom, treba razmotriti i „mračnu“ stranu. Dve glavne odlike koje utiču na ovu stranu su personalizacija i transparentnost, smatra Asseo. Imati sve podatke o korisniku iz različitih oblasti – koji se koriste sa personalizacijom – nosi rizik da to bude doživljeno kao narušavanje privatnosti i određenog ličnog prostora. Ta prodornost može biti tolerisana samo ukoliko vrednost od interakcije prevazilazi „trošak“ zbog gubitka dela privatnosti. Sa druge strane, nedostatak personalizacije može dovesti do manjeg angažmana i biti doživljen kao hladan. Biti transparentan prema korisnicima o tome koji se podaci prikupljaju, iz kog razloga, i sa čije strane je od izuzetne važnosti. Naknadno otkrivanje da je neka informacija – lična ili ne – prikupljena bez klijentovog znanja može dovesti do nepoverenja. Primenjena na pravi način, transparentnost može doprineti kreiranju osećaja prijatnog iznenađenja i zadovoljstva, zaključuje Asseo.

Na problem privatnosti osvrće se i već pomenuti T.Dž. Kostelo kada ističe da visokoobrazovne institucije, zbog povećanog uvida u živote studenata, moraju razmotriti pravila koja će omogućiti balans između privatnosti i bezbednosti. Po njemu, uključivanje studenata u proces definisanja tih pravila je najbolja praksa [1].

I Lam-for Kwok u svom radu „Vizija razvoja i-kampus“ ukazuje na neke moguće probleme koje IoT može doneti u visoko obrazovanje [27]. On ističe da nove mogućnosti koje donosi razvoj informacione infrastrukture u kampuse stvaraju uslove za nove pristupe predavanju i učenju, ali i nove izazove tradicionalnim načinima razmišljanja o kampusima. Novim izazovima nisu izloženi samo studenti i nastavnici već i roditelji i menadžment.

Razvoj mrežne infrastrukture umanjuje uticaj fizičkih granica kampusa, i donosi bolje uslove za učenje. Studenti mogu pohađati nastavu od kuće uz pomoć virtuelne učionice i brzih mreža, pretaživati informacije iz svog doma pomoću različitih pretraživača na Internetu, preuzimati nastavne materijale ili čitati elektronske knjige sa bilo kog za to predviđenog mesta. Međutim, popularna upotreba mobilnih uređaja zajedno sa brzim mrežama osim što pruža mogućnost za unapređenje procesa učenja može predstavljati i smetnju studentima. Igranje igara, društvene mreže, čitanje knjiga, gledanje filmova i slušanje muzike su neke od omiljenih aktivnosti na tim uređajima. Mada sve navedene aktivnosti mogu biti edukativne, da li će takvi materijali biti korišćeni zavisi od motivacije studenta, raspoloživosti edukativnih materijala u odgovarajućem formatu, i najvažnije, od rešenosti studenata da uče na tim uređajima, smatra Kwok.

Mladi ljudi obično imaju sposobnost da mnogo brže usvajaju nove tehnologije u odnosu na nastavnike. Nastavnici, pogotovo oni sa dugogodišnjim iskustvom, imaju danas problema u snalaženju sa novim tehnologijama primenjenim u njihovim svakodnevnim nastavnim i administrativnim aktivnostima. Nastavni materijali i informacije pripremljeni od strane nastavnika danas su lako dostupni studentima iz različitih izvora. Ovakva situacija pred nastavnike donosi nove izazove u smislu promene njihove uloge od pretežnog prenosioca informacija do uloge nekoga ko treba da asistira u procesu učenja. Od nastavnika se zahteva da istražuju i otkrivaju nove načine učenja zajedno sa studentima, i rešavaju probleme koji proističu iz tih novina.

Roditelji imaju teškoće da utvrde da li se deca igraju ili uče kada koriste računare ili mobilne uređaje. To može dalje produbiti generacijski jaz i probleme u komunikaciji ako se ne preduzmu adekvatne mere. Sa druge strane, postoje mišljenja da primena novih tehnologija

omogućava roditeljima da prate napredak njihove dece na jednostavan način i unaprede komunikaciju između studenata, roditelja i škole [28].

Teškoće sa uvođenjem novih tehnologija može imati i obrazovna uprava. Iako postoji veći broj različitih informacionih sistema iz različitih izvora koji postoje u obrazovnim institucijama, smetnja je nedostatak standarda u obrazovnim podacima za planiranje, praćenje, analizu i upravljanje studentima i školama u nekoj oblasti (grad, region, država – u zavisnosti od nadležnosti). Kada se takvi podaci standardizuju, podaci o performansama studenta mogu biti prenošeni iz jedne u drugu obrazovnu ustanovu, zaključuje Kwok.

### **2.3 IMPLEMENTACIJA IOT-A**

Sa ciljem razvoja modela za ocenu spremnosti univerzitetskih kampusa za IoT proučeni su različiti modeli koji se bave ocenom spremnosti ili zrelosti za IoT ili Industriju 4.0 (naziv za primenu IoT tehnologija u industriji). U ovom potpoglavlju je dat kratak prikaz nekih od karakterističnih metoda.

Kako je već pomenuto u uvodu, u predstojećoj dekadi očekuje se značajan uticaj primene IoT tehnologija na sve oblasti ljudskog društva [5], [6]. Sa sticanjem novih iskustava i saznanja i razvojem IT infrastrukture stvoriće se uslovi za mnogo širu primenu koja može rezultirati značajnim uštedama i poboljšanjem uslova života. Kao što je već pomenuto u uvodu, istraživanja pokazuju da je u većini kompanija IoT danas u početnoj fazi razvoja, primena je najčešće parcijalna, u začetku, putem pilot projekata (HCL-ov Global IoT Report 2017 navodi da je 6 od 10 ispitanika u početnim fazama istraživanja i definisanja strategije IoT-a [10], Cisco je u maju 2017. objavio rezultate opsežnog istraživanja primene IoT-a gde se vidi da skoro tri četvrtine IoT projekata nije donelo željene rezultate [11]).

Potencijalni benefiti i neminovnost primene IoT-a nisu upitni, ali načini kako danas efikasno i efektivno primeniti IoT nisu dovoljno istraženi i poznati. Ne postoji jedinstven način razvoja IoT strategije, a ključni problemi u primeni su [12]:

- 1) teškoće u definisanju ciljeva IoT strategije i projekata jer su IoT tehnologije u fazi ubrzanog razvoja, nema dovoljno iskustva u vezi sa načinima primene IoT-a i opšte prihvaćenih standarda vezanih za IoT;

- 2) organizacije koje žele da primene IoT u svom poslovanju poseduju različite nivoe iskustva sa IoT tehnologijama;
- 3) definisanje IoT strategije je kompleksan posao koji često zahteva uključivanje učesnika različitih, za IoT relevantnih, profila sa ciljem ubrzanja procesa implementacije i otkrivanja najefektivnijih načina unapređenja postojećih i uvođenja novih proizvoda i usluga; i
- 4) razvoj IoT strategije mora biti u saglasnosti sa širom strategijom digitalizacije poslovanja organizacije da bi se ostvarila maksimalna vrednost primene IoT-a.

Svaka strategija organizacije mora se odnositi na potrebe (koji su zahtevi organizacije), realizaciju (kako zadovoljiti potrebe), upravljanje (kako rangirati prioritete i finansirati inicijative) i sigurnost. Ono što čini IoT zahtevnijim u odnosu definisanje bilo koje druge IT strategije jeste činjenica da strana potreba često nije dobro shvaćena u organizacijama, i za većinu organizacija realno je očekivati više iteracija doterivanja vizije dok se ne utvrde potrebe. Slična situacija je i na strani realizacije strategije. Tehnologija napreduje veoma brzo dok su standardi i poslovni modeli uglavnom nepotvrđeni u praksi, tako da će i definisanje načina realizacije strategije proći kroz nekoliko iteracija do konačnog rešenja. Razvoj IoT strategije se ne razlikuje od razvoja drugih strategija po tome što je potrebno znati trenutno stanje ili poziciju organizacije sa ciljem da se odredi razlika u odnosu na buduće, željeno stanje ili poziciju [12].

Na osnovu navedenog primeren prvi korak u primeni IoT-a bila bi ocena trenutnog stanja organizacije sa aspekta IoT tehnologija. Kako je već pomenuto, ovom problematikom bave se različiti stručni entiteti: velike konsultanske kuće (TDWI, Gartner, McKinsey i dr.), kompanije koje proizvode i promovišu IoT tehnologije (Intel, IBM, Cisco i dr.), zatim stručna tela kao i akademski krugovi. Različiti motivi i interesi ovih entiteta doveli su do izražene heterogenosti u raspoloživim rešenjima metodologije i alata za ocenu spremnosti organizacija za primenu IoT-a [13].

Metode za ocenu spremnosti (eng. readiness assessment) ili, veoma bliske, metode za ocenu zrelosti (eng. maturity) služe da omoguće ocenu trenutnog stanja posmatrane veličine, u ovom slučaju IoT-a, na evolutivnom putu organizacije. Sastoje se, pored ostalog, od niza predefinisanih nivoa spremnosti/zrelosti za neku klasu objekata. Najniži nivo predstavlja

inicijalno stanje koje, na primer, može biti okarakterisano kao takvo da organizacija ima male ili nikakve sposobnosti u posmatranom domenu. Nasuprot tome, najviši nivo predstavlja stanje potpune spremnosti/zrelosti. Napredak između krajnjih vrednosti uključuje stalni napredak u pogledu kapaciteta organizacije ili performansi procesa [14].

Baze znanja koje su sadržane u ovim metodama definišu kriterijume i karakteristike koje moraju biti ispunjene za dostizanje određenog nivoa zrelosti. Tokom ocenjivanja spremnosti, pravi se trenutni snimak stanja organizacije u pogledu zadatog kriterijuma. Prikupljene karakteristike se analiziraju da bi se definisao nivo spremnosti organizacije. Primena metode se najčešće sprovodi predefinisanim procedurama, npr. upitnicima, razgovorima i sl. Na osnovu analize trenutnog stanja mogu biti definisane preporuke za ciljem dostizanja višeg nivoa spremnosti [14].

Prikazane metode pronađene su metodologijom narativnog pregleda. Kriterijum pretraživanja su bile različite varijacije reči IoT, Industrija 4.0, ocena spremnosti (eng. readiness assessment), ocena zrelosti (eng. maturity assessment). Iako metodologija sistematskog kvantitativnog pregleda daje, pored ostalog, sistematičniji i objektivniji rezultat pretrage i strukturirani proces izrade pregleda [31], broj pronađenih radova koji su ispunjavali postavljene zahteve je bio veoma mali pa se, na osnovu preporuke navedene u [31], odustalo od kvantitativnog i opredelilo za narativni pregled.

U nastavku je prikazano nekoliko tipičnih metoda za ocenu spremnosti za IoT do kojih se došlo pretragom na Internetu.

### **2.3.1 Gartnerov model za ocenu spremnosti za IoT**

Da bi ste ostvarili svoj cilj, morate razumeti vašu početnu poziciju. Polazeći od prethodnog stava, kompanija Gartner je razvila model za brzo samo-ocenjivanje u dve relevantne ose: strategija (vision) i tehničke sposobnosti. Obe ose su podeljenje na tri nivoa: početni, srednji i napredni, slika 2.3 [12].

Za Tehničke sposobnosti nivoi su definisani kao:

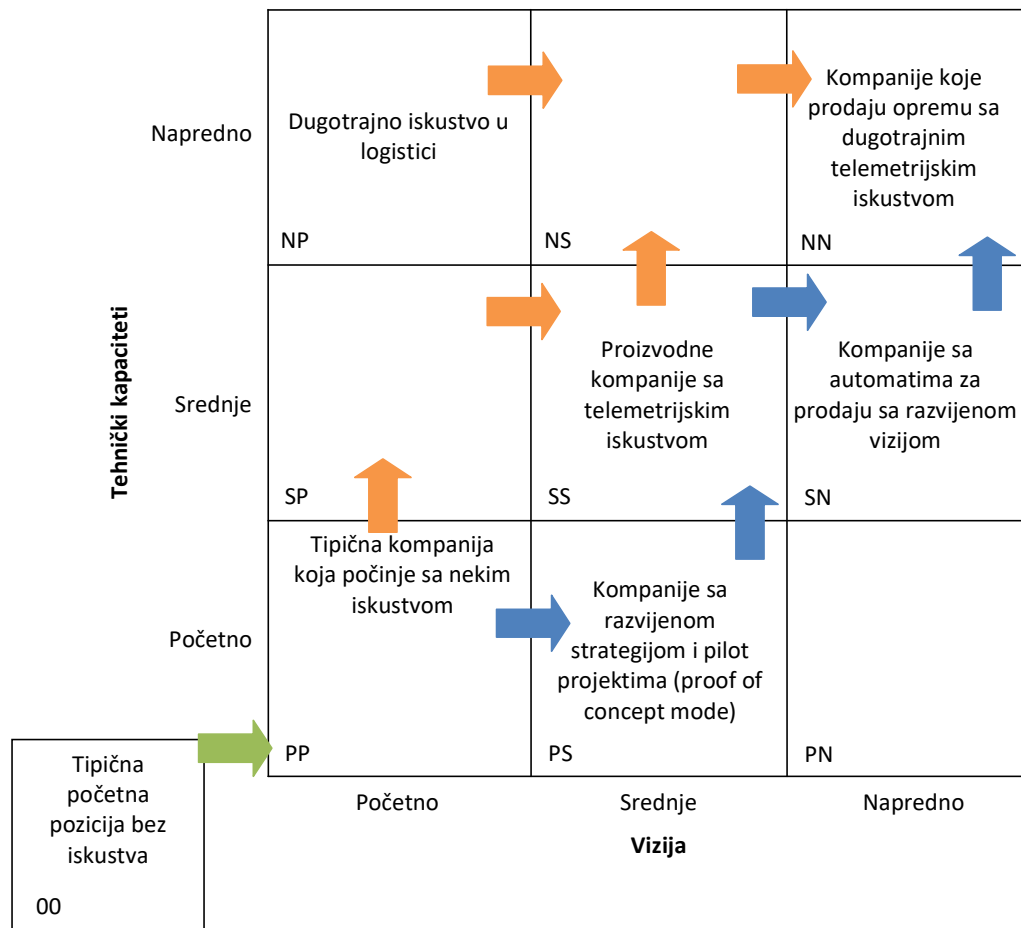
1. Početni - Organizacija nema prethodno iskustvo sa uvođenjem ili radom sa IoT ili M2M (Machine-to-Machine) sistemima.
2. Srednji - Organizacija koristi ili radi sa M2M ili IoT rešenjima preko 2 godine. Neka od tih iskustava mogu poticati od tehnologije rada, npr. telemetrija za udaljeni nadzor uređaja kao što su pumpe, transformatori, kompresori i sl.
3. Napredni - Organizacija je uključena u velike IoT ili M2M projekte preko 5 godina, najverovatnije u više od jedne oblasti, i IT sektor je partner u razvoju tih rešenja.

Za Strateške sposobnosti nivoi su definisani kao:

1. Početni - Organizacija je odredila odgovorna lica za osmišljavanje IoT-a, i formulacija strategije se radi u ranim fazama IoT projekta.
2. Srednji - Poslovna funkcija preduzeća je edukovana o potencijalima IoT-a, i razume tehnološke mogućnosti. Razvijena je prva verzija IoT strategije i prihvaćena je od strane relevantnih članova.
3. Napredni - Organizacija već isporučuje proizvode/usluge uz primenu IoT ili M2M tehnologija, i sada radi na narednim iteracijama IoT strategije. Sve relevantne zainteresovane strane (stakeholders) razumeju kako tekuće inicijative utiču na organizaciju.

U nastavku su dati kratki opisi tipičnih organizacija u odnosu na predstavljeni koncept:

- “Tipična početna pozicija bez iskustva” (kvadrant 00) – označava organizaciju koja tek započinje IoT putovanje, koja će, kada prođe kroz fazu učenja i počne da artikuliše viziju, preći u kvadrant PP kako prikazuje zelena strelica;
- “Tipična početna pozicija sa nekim iskustvom” (kvadrant PP) – kompanija koja započinje definisanje prve IoT strategije bez postojanja prethodnog IoT ili M2M rešenja u praksi. Nakon rada na ovom nivou, organizacija obično relativno brzo napreduje, ili do kvadranta PS sledeći plavu strelicu, ili radi na unapređenju tehničkih kapaciteta i prati narandžastu strelicu u SP kvadrant.



Slika 2.3 Primer matrice za ocenu spremnosti za IoT [12]

- “Kompanije sa razvijenom strategijom i pilot projektima (proof of concept mode)” (kvadrant PS) – organizacije koje imaju razvijenu strategiju i pilot projekte ili studiju izvodljivosti. Nakon realizacije pilot projekta, organizacija će najverovatnije investirati u opremu, sledeći plavu strelicu u kvadrant SS.
- “Dugotrajno iskustvo u logistici” (kvadrant NP) – Organizacije koje se bave logistikom, koje koriste sisteme za praćenje i navigaciju za svoja vozila decenijama, i započinju da razvijaju IoT strategiju kako bi povećali kompetitivnost primenom IoT tehnologije. Kako vizija sazreva, organizacija prelazi u NS kvadrant.
- “Kompanije koje prodaju opremu sa dugotrajnim telemetrijskim iskustvom” (kvadrant NN) – Kompanija prodaje opremu opremljenu telemetrijskom platformom



u dužem vremenskom periodu, i prikuplja osnovne informacije o radu te opreme. Trenutno, strategija kompanije da razvija dodatne vrednosti za svoje klijente, prikupljajući dodatne informacije koje se analiziraju savremenim analitičkim alatima i stvaraju modele predviđanja ili daju preporuke na osnovu analize.

- “Proizvodne kompanije sa telemetrijskim iskustvom” (kvadrant SS) – proizvodne kompanije koje, u dužem vremenskom intervalu, opremaju svoje proizvode, kao npr. kopir aparate, osnovnom telemetrijskom funkcionalnošću, koja šalje informacije kao što je upotreba mašine, i sada radi na IoT strategiji sa ciljem unapređenja u drugim sferama. Nakon unapređenja strategije, ova organizacija će verovatno slediti plavu strelicu u kvadrant SN, a moguće i opredeljenje za investiranje u opremu i prelaz u kvadrant NS.
- “Kompanije sa automatima za prodaju sa razvijenom vizijom” (kvadrant SN) – Kompanije sa automatima za prodaju sa velikim brojem aparata sa prodaju koji imaju ugrađenu telemetrijsku funkcionalnost radi detekcije kvarova, navigacije i praćenja nivoa popunjenosti već duži vremenski period. Sada razmtraju kako da povećaju prihod kroz adaptivnu promociju. U tom procesu organizacija će unaprediti svoju tehnologiju i slediti plavu strelicu u NN kvadrant.

Implementacija IoT-a se sprovodi kroz sledeće korake:

1. Identifikacija spremnosti za IoT primenom pomenute metode za ocenu spremnosti,
2. Iterativno doterivanje IoT strategije – u zavisnosti od vrste organizacije i poslovne strategije, IoT strategija može biti fokusirana na poboljšanje postojećih proizvoda/procesa, ili radikalnija da ciljem plasiranja novih proizvoda ili poslovnih modela.
3. Ocena kakvo je potrebno željeno stanje u dijagramu – u zavisnosti u kom od 9 kvadranta je organizacija, samo susedni kvadranti mogu se smatrati za realističnim ciljevima za napredovanje. Bitno je shvatiti da je ovo iterativni proces, kako zahtevi na nekoj od osa rastu, potrebno je preduzeti određene aktivnosti da bi se ostvarila naredna pozicija. Često je teško planirati više od jednog koraka unapred, a svaki korak može trajati od 6 do 18 meseci.

4. Investiranje u osmišljavanje daljeg razvoja IoT strategije – neophodno je stalno unapređivati IoT strategiju da bi ostala relevantna.
5. Pravljenje plana razvoja IoT-a u zavisnosti od trenutne spremnosti i strategije – u zavisnosti u kom kvadrantu je pozicionirana i IoT strategije, različite komponente će biti od različite važnosti za napredovanje organizacije.

U nastavku su predstavljene predložene aktivnosti koje treba razmatrati pri kretanju duž osa – koje ne moraju sve biti relevantne za svaku organizaciju – u zavisnosti od ciljane arhitekture, i prioriteta organizacije.

Prelaz iz kvadranta OO u kvadrant PP:

- izbor arhitekture,
- definisanje strategije o potencijalnim dobavljačima,
- ocena sigurnosnih zahteva,
- izbor provajdera M2M servisa,
- izbor softvera za integraciju i menadžment (platforme),
- razvoj vizije kroz razmatranje ideja,
- razvoj API-ja za integraciju uređaja,
- definisanje sistema upravljanja,
- pilot projekat(i),
- uspostavljanje organizacione strukture i
- ocena znanja/veština.

Kada se želi napraviti pomak na osi tehničkih mogućnosti od početnog do srednjeg ili od srednjeg do naprednog nivoa relevantne bi trebalo da budu sledeće aktivnosti:

- usavršavanje arhitekture,
- usavršavanje strategije o dobavljačima,
- usavršavanje sigurnosnih mera,
- razmatranje postojećeg provajdera M2M servisa u odnosu na performanse i pogodnost u odnosu na zahteve,
- usavršavanje softvera za integraciju i menadžment,

- usavršavanje sistema upravljanja,
- skaliranje sistema,
- usavršavanje organizacione strukture i
- razvoj/obezbeđivanje znanja/veština.

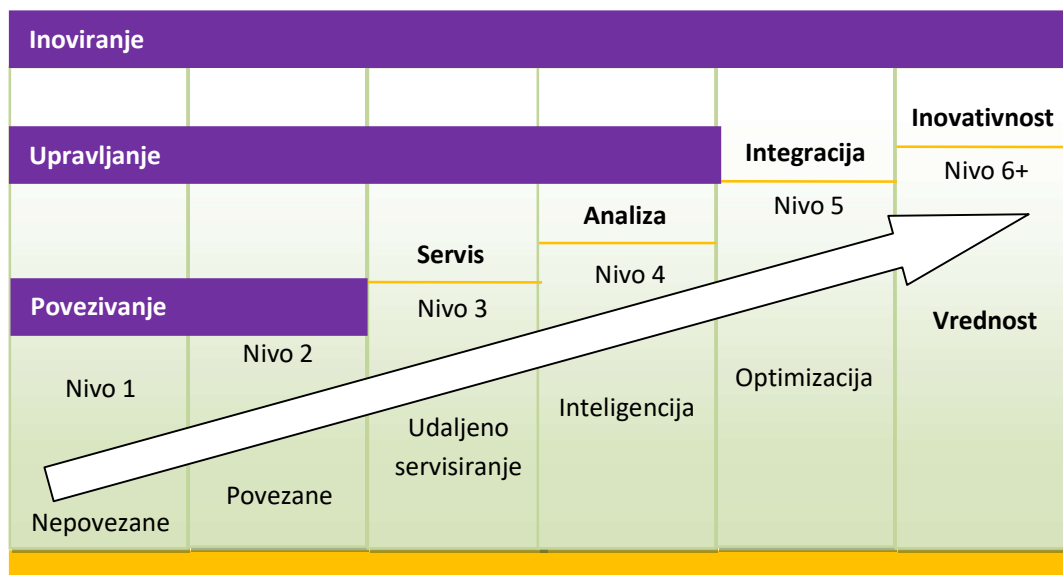
Kada se želi napraviti pomak na osi vizije od početnog do srednjeg ili od srednjeg do naprednog nivoa relevantne bi trebalo da budu sledeće aktivnosti:

- Usavršavanje sigurnosnih mera
- Usavršavanje vizije kroz nove ideje i razmatranje poslovnih mogućnosti
- Usavršavanje sistema upravljanja
- Pilot projekt(i)
- Usavršavanje organizacione strukture
- Razvoj/obezbeđivanje znanja/veština

I na kraju, konsultanti Gartnera preporučuju da se osigura da IoT strategija bude sastavni deo strategije digitalnog poslovanja, a ne samostalna, izolovana strategija. IoT sam po sebi retko stvara neke opipljive poslovne koristi osim ako nije unovčen kao integralni deo nekog proizvoda koji se prodaje, ili ako se podaci prikupljeni IoT-om koriste za potrebe nekog krajnjeg sistema koji stvara naplative proizvode/usluge. Samostalna IoT strategija ima značajnu vrednost inicijalno, ali još veća vrednost se stvara vremenom ako je IoT deo globalne digitalne poslovne strategije organizacije.

### **2.3.2 Axeda's Connected Product Maturity Model**

Axeda, ćerka firme Physical Digital Convergence (PDC), jedne od vodećih kompanija za IoT platforme, razvila je sopstveni Connected Product Maturity Model, namenjen proizvodnim organizacijama prevashodno, na osnovu brojnih praktičnih primena njihovih rešenja u praksi. Ovaj model ima šest nivoa spremnosti, sl. 2.4 [19]. Svaki viši nivo predstavlja napredak prema ukupnoj spremnosti za IoT, a svrha modela je, prema autorima, da se oceni trenutno stanje organizacije u odnosu IoT zahteve, a može se koristiti i kao sredstvo za upoređivanje sa konkurencijom (benchmarking).



Slika 2.4: Connected Product Maturity Model [19]

U nastavku su dati opisi nivoa, zahtevi koji na odeređenom nivou moraju biti ispunjeni, kao i način implementacije za svaki od nivoa.

**Nivo 1 – Nepovezane organizacije.** Organizacije koje nisu povezane nastoje da postojeće procese učine efikasnijim i da počnu da koriste viši nivo inteligencije u povezanom okruženju. Mogućnosti primene IoT-a postoje u svakoj industriji, smatraju u Axeda-i jer praktično svi elektronski ili elektro-mehanički uređaji mogu biti projektovani tako da automatski prenose informacije o svom statusu, performansama, upotrebi, i mogu komunicirati sa ljudima i drugim uređajima u realnom vremenu.

**Zahtevi:** Na ovom nivou je kritično shvatiti šta je moguće i upoznati se sa relevantnim tehnologijama. Ugrađeni softver, mrežna komunikacija, protokoli uređaja, obezbeđivanje sredstava i tehnologije za obradu podataka u realnom vremenu, u kombinaciji sa web servisima, sigurnošću, i upravljanjem podacima prevazilaze znanja većine organizacija i razvojnih timova. Retke su one koje imaju na raspolaganju specijaliste za sve ove oblasti pa zbog toga IoT projekt može biti ugrožen, ukoliko uopšte započne. Sve češće, kompanije se opredeljuju da se fokusiraju na svoju glavnu delatnost, a da nedostajuće segmente ne

razvijaju sami, nego da se oslone na usluge specijalizovanih firmi, jer tako skraćuju vreme do izlaska na tržište i povratka investicija.

*Implementacija:* Nivo 1 počinje planiranjem. Prvi korak je povezivanje opreme, što je širok pojam sa različitim značenjima koji zavisi od okruženja proizvoda i ekonomičnosti rešenja. Iako IoT nije nova stvar, zahtevi vezani za povezivanje su veoma kompleksni. Osnovno osposobljavanje, mrežno povezivanje, sigurnost, midlver servisi, klad servisi, razvoj aplikacija, i druge funkcije upravljanja uređajima su pitanja sa kojima se suočava organizacija na ovom nivou.

**Nivo 2 – Povezane organizacije.** Jednom umrežene, organizacije počinju da uviđaju nove načine za rast i dostizanje nivoa udaljenog održavanja proizvoda. Udaljeno servisiranje proizvoda može da generiše redovan priliv prihoda, zahteva manje zarobljenog kapitala, i omogućava potencijalno profitabilnije poslovanje.

*Zahtevi:* Širenje mreže uređaja, povećanje broja i tipova uređaja je nešto što se ubrzano dešava, pa bi fokus u ovoj fazi trebao da bude na razvoju rešenja otpornog na izmene, i koje omogućava aplikacijama da se razvijaju, a ne da budu ometene, zbog heterogenosti uređaja.

*Implementacija:* Dostizanje nivoa 2 je ostvareno povezivanjem proizvoda na mrežu (internet, mobilnu ili satelitsku) i omogućavanjem slanja podataka nazad na server organizacije ili na neki sistem za obradu podataka.

**Nivo 3 - Udaljeno servisiranje.** Svaki proizvod zahteva neki nivo održavanja ili podrške. Servisne organizacije u sve većem broju slučajeva usvajaju rešenje udaljenog pristupa da bi identifikovali, postavili dijagnozu i rešili probleme na proizvodima isporučenim kupcu.

*Zahtevi:* Organizacije moraju imati aplikacije na klad platformi i skup alata za udaljeni nadzor resursa, logovanje i upravljanje udaljenim sadržajima. Rešenje treba da omogući hostovanje, sigurnost, skalabilnost, i da ima fleksibilne API-je, takve da potencijalne vrednosti za organizaciju u ovom stanju ne budu omanjene zbog nekompatibilnosti infrastrukture.

*Implementacija:* Dostizanje nivoa 3 je ostvareno omogućavanjem udaljenog pristupa i korišćenja udaljenih servisa.

**Nivo 4 – Inteligentne organizacije.** U ovoj fazi fokus je na brzom analizi prikupljenih podataka, kao i razvoju korisničkih interfejsa i alata koji omogućavaju analizu, nude uvide u složene međuzavisnosti i unapređuju poslovne funkcije. Sa odgovarajućim IoT i BI alatima, organizacija može kreirati izveštaje, vršiti različite upite nad podacima, pregledati rezultate na prilagođenim korisničkim interfejsima, ili unositi podatke u postojeća skladišta podataka i BI okruženja.

*Zahtevi:* Mnogi delovi organizacije uključujući održavanje, razvoj, finansije, reklamacije, QA (Quality Assurance), prodaja imaju potrebu za uvidom u upotrebu, performanse i ponašanje proizvoda. Podaci sa povezanih proizvoda moraju biti tako organizovani i skladišteni da omogućavaju lako generisanje izveštaja i analizu.

*Implementacija:* Omogućavanjem izveštavanja i analize podataka dostignut je nivo 4.

**Nivo 5 – Optimizovane organizacije.** Organizacije koje su prednjačile u plasmanu svojih proizvoda na Internet uviđaju da se, kako se navodi, pravo “zlato” IoT-a nalazi u preuzimanju tih podataka i njihovoj integraciji sa postojećim sistemima organizacije kao što su CRM (Customer Relationship Management), ERP (Enterprise Resource Planning), PLM (Product Lifecycle Management) ili skladišta podataka (data warehouses) – optimizujući kritične poslovne procese i suštinski IoT-izovati svoje poslovanje.

*Zahtevi:* IoT podaci moraju biti spremni za integraciju sa drugim sistemima. IoT podaci treba da stvore dodatnu vrednost kombinovanjem informacija sa povezanih proizvoda sa informacijama iz drugih komplementarnih izvora i sistema. Na primer, podaci o proizvodu u kombinaciji sa podacima iz CRM sistema mogu biti automatski prosleđeni sistemu koji vrši naplatu, ili sistemu upravljanja zalihama, izbegavajući tako greškama podložniji ljudski rad. Odeljenja za kvalitet ili upravljanje proizvodom mogu unaprediti karakteristike proizvoda na osnovu podataka iz realne upotrebe proizvoda koji informišu o obrazcima upotrebe i problemima u eksploataciji – što će rezultirati većim zadovoljstvom korisnika. IoT podaci iz eksploatacije proizvoda koji su na raspolaganju na nivou organizacije takođe će biti korisni i

razvojnem timu u izgradnji pouzdanijih proizvoda sa diferenciranim karakteristikama nastalim na zahtev korisnika.

*Implementacija:* Midlver koji omoćuje integraciju sa postojećim poslovnim sistemima hraneći ih IoT podacima.

**Nivo 6 – Diferencirane organizacije.** Konaćni cilj za proizvođaće je da imaju kapacitet da transformišu svoje poslovanje i povećaju lojalnost klijenata. Inovativnost se postiže omogućavanjem krajnjim korisnicima i klijentima da kreiraju svoje korisnićko iskustvo kroz povezane proizvode.

*Zahtevi:* Postoje različiti tipovi prilagoćenih aplikacija kojima se moće povećati upotrebljivost proizvoda. Na primer, korisnicima moće biti omogućeno da prate rad povezanog proizvoda u realnom vremenu preko portala. Takoće, timu koji razvija i prati proizvod moće biti omogućeno da prima tehnićke i druge informacije u realnom vremenu, i razvija inovativnu kulturu koja motiviše i nagraćuje povratne informacije krajnjih korisnika. Mobilne aplikacije za pametne telefone i tablete se pojavljuju u sve većem broju, ćime se aplikacije koje komuniciraju sa proizvodom stavljaju u ruke razvojnih timova i korisnika kojima je potreban udaljeni prilaz sa bilo kog mesta.

*Implementacija:* Alati za razvoj IoT aplikacija koji omogućavaju brz razvoj inovativnih aplikacija za krajnje korisnike koji diferenciraju proizvod. Platforma kompanije Axeda, koja je razvila ovu metodu ocene spremnosti, ukljućuje mehanizam zakljućivanja, podrćku za skriptovanje, robusne API-ije ukljućujući RESTful i SOAP zasnovane veb servise.

### **2.3.3 TDWI Readiness Model for IoT**

Konsultantska kuća TDWI ima on-line upitnik za ocenu spremnosti za IoT gde korisnici na brz i jednostavan naćin mogu da testiraju spremnost svoje organizacije. Upitnik je posebno orijentisan na IoT analitiku, ali su zastupljeni svi za IoT relevantni segmenti. TDWI-ijev model za ocenu spremnosti ocenjuje spremnost kroz pet dimenzija, prema tabeli 2.1, od kojih se većina odnosi na posebne poslovne, ili tehnićke funkcije analitike [17]. U okviru svake dimenzije nalazi se više procesa, karakteristika timova i nivoa iskustava koji mogu uticati na uspeh IoT-a. Oni su u modelu prikazani kao metrika – prema Tabeli 2.1. Na najvišem nivou

spremnosti te funkcije su blisko usklađene jedna sa drugom, i neizostavno, sa strateškim pravcem organizacije. To osigurava da investicije u IoT i analitiku daju željene rezultate.

Tabela 2.1 Dimenzije i metrika modela za ocenu spremnosti za IoT [17]

Dimenzije	Organizaciona spremnost	Spremnost po pitanju podataka	Spremnost infrastrukture	Spremnost analitike	Spremnost IT sektora, razvoja i operacija
Metrika kvantifikovana odgovorima iz upitnika	Poslovna primena	Proizvodnja IoT podataka	Arhitektura	Ekspertnost tima	Promena poslovnog procesa
	Liderstvo	Karakteristike podataka	IoT mrežne tehnologije	Integracija podataka	Iskustvo tima
	Strategija (poslovni modeli, procesi)	Razumevanje podataka	Kvalitet podataka	Ugrađena i dejstvujuća	Spremnost tima
	Kultura	Upravljanje podacima	Tehnologije skladištenja	Isporuka i primena	
	Upravljanje	Izvori podataka	Sigurnost	Tehnike	

U nastavku je dat kratak opis svake dimenzije, sa nekoliko primera pitanja iz upitnika koja postavlja alat za svaku dimenziju i odgovarajuće metrike.

*Organizaciona spremnost.* Ova dimenzija sadrži 5 komponenti, koje u modelu nazivaju metrikom, a koje predstavljaju za uspeh ključne oblasti, prikazanih u tabeli 2.1. Najvažnije je da organizacija mora definisati proces primene IoT-a koji ima poslovnog smisla. To je ključno pošto organizacije često započinju IoT projekte bez uključivanja svih relevantnih strana u početnim razmatranjima. Na primer, neke organizacije, zabrinute zbog toga šta radi konkurencija, žele da započnu projekt, a da nisu detaljno razmotrili koji su im podaci potrebni, koliko često, na koje sve procese se utiče, ili kako će koristiti IoT analitiku.

Dalje, idealno je da viši menadžment podstiče analizu IoT podataka, ima viziju za nju, i voljan je da je finansira. To može biti važno, pogotovo kada je potrebna ekspertiza sa strane u procesu implementacije IoT projekata.



Ostali organizacioni faktori od kojih zavisi uspešnosti primene IoT-a uključuju kulturu koja podržava IoT, strateško planiranje, i IoT regulativu ( engleski: governance for IoT<sup>1</sup>) u IoT projektima.

*Spremnost podataka.* Pitanjima u on-line upitniku testira se prisustvo IoT podaka u organizaciji, i da li organizacija ima iskustva i veštine za prikupljanje, skladištenje i obradu IoT podataka, ili big data generalno (iako ne moraju svi IoT podaci biti u kategoriji big data). U ovoj kategoriji ispitanici odgovaraju na pitanja o izvorima podataka, upravljanju podacima. Takođe, postavljaju se pitanja o frekvenciji prikupljanja podataka.

*Spremnost infrastrukture.* Alat za ocenu spremnosti testira da li je organizacija razmotrila pitanja arhitekture vezane za IoT i IoT analitiku. Pitanja se odnose na mesto gde će se raditi analitika u primeni IoT-a, koja skladišta podataka će biti korišćena, kako će se tretirati sigurnost podataka. Takođe, razmatra se kvalitet podataka, mesto gde se vrši obrada podataka (da li na mestu prikupljanja, ili u kladu).

*Spremnost analitike.* Prikupljanje IoT podataka je važno, ali analiza i delovanje na osnovu njenih rezultata su aktivnosti koje donose najveću vrednost. Analitika može uključivati tehnike kao što su prediktivna analitika, analitika tokova podataka (analitika kod koje se podaci obrađuju u trenutku nastanka), ili vršenje upita ili izveštavanje. U ovoj sekciji se analizira sastav tima za analitiku i njegovo iskustvo u odnosu na različite tehnike analitike. Dalje, vrši se uvid u to da li organizacija preduzima akcije na osnovu rezultata analize, i na koji način to radi. Na primer, postavljaju se pitanja o data scientist ekspertima i kako organizacija deluje na osnovu rezultata analitike.

*Spremnost IT-ija, razvoja i operacija.* IoT projekat često uključuje različite sektore organizacije, na primer, razvojne, operativne timove, IT sektor, održavanje i dr. IT može biti uključen u upravljanje podacima, i pripremiti neki segment u primeni IoT-a, kao i operativni timovi. Alat za ocenu spremnosti testira koliko je tehnički deo tima spreman za primenu i upravljanje IoT-om. Da bi se preciznije kvantifikovala spremnost organizacije, alat prikuplja

---

<sup>1</sup> IoT regulativa se odnosi na razvoj i primenu deljenih principa, normi, pravila, procedura odlučivanja i programa od strane Vlada, privatnog i javnog sektora, a koji oblikuju evoluciju i primenu IoT-a u smeru rešavanja pitanja regulacije i obezbeđuje dostizanje maksimalnog dobitka [32].

podatke o tome kako će organizacije reagovati na promene u sistemima ili procesima nastalim zbog primene IoT-a. To može zahtevati izmene na postojećim sistemima.

Nakon popunjavanja upitnika u alatu za ocenu spremnosti, računa se skor za svaku posebnu dimenziju. Najveći skor za svaku dimenziju je 20, a množeći 20 sa brojem dimenzija (5) dobija se da maksimalan skor za organizaciju iznosi 100.

Na kraju ocene spremnosti, alat prikazuje skor ispitanika za svaku dimenziju, ukupan skor organizacije, kao i prosečan skor dimenzija i ukupan skor na osnovu odgovora svih ispitanika organizacije. Takođe se daje i prosek industrijske grane i odgovarajuće veličine organizacije, što može biti iskorišćeno za poređenje sa drugim organizacijama iz branše koje razmatraju uvođenje IoT-a. Rezultati su prikazani i grafički putem radar dijagrama.

Nakon upitnika daju se scenariji nekih tipičnih organizacija u skladu sa rezultatima, procenjuju njihove vrline i slabosti, posle čega se daju preporuke kako uspešno implementirati IoT.

#### **2.3.4 BSQUARE Five Stages of IoT**

Kompanija BSQUARE, koja se bavi plasmanom IoT rešenja, distribucijom tehnologije i integracijom sistema smatra da postoje različiti putevi za ostvarivanje ciljeva koje IoT donosi, ali da bi se ostvarila najveća vrednost, IoT se ne sme shvatiti kao jednokratno putovanje već kao sazrevanje kroz promene kako se potrebe organizacije i usvajanje IoT-a menjaju. Na osnovu njihovog iskustva put ka punoj zrelosti za IoT može da se podeli u pet nivoa, u zavisnosti od načina primene: *povezanost uređaja, nadzor u realnom vremenu, analitika, automatizacija, i napredna distribuirana inteligencija*[21].

Svaka naredna faza pruža viši nivo benefita. Napredak kroz svih pet faza kulminira u holističkom, inteligentnom, automatizovanom IoT sistemu koji pruža najširi opseg pozitivnih rezultata za različite ciljeve.

Da li neka organizacija treba da prođe kroz svih pet zavisi od postavljenih poslovnih ciljeva. Jasna strategija, plan izvršenja, i razumevanje šta donosi uspeh će pomoći pri odlučivanju koliko daleko organizacija treba da ide, kako navode u BSQUARE-u. Vreme potrebno da bi se

prošlo kroz model zrelosti, kao i vreme koje je potrebno u svakoj fazi, će varirati u zavisnosti od više faktora: količine opreme i uređaja koji su već opremljeni sensorima ili nekom drugom inteligencijom, komunikacione infrastrukture, infrastrukture za skladištenje podataka, tipova sistema za nadzor i analizu koji su već u upotrebi, lakoće integracije sa postojećim sistemima u organizaciji, i organizaciona spremnost su neki od njih.

U nastavku je dat opis nivoa ovog modela.

### **Stanje 1: Povezivanje uređaja i prosto slanje podataka**

Svaki IoT projekat započinje sa pametnim, povezanim uređajima. Organizacije često svoje IoT projekte otpočinju ugradnjom senzora na svoju opremu i uređaje pomoću kojih se prikupljaju različite vrste informacija i podataka. Telematika, M2M ili IoT proizvodi i rešenja, gejtveji ili slični komunikacioni uređaji prosleđuju podatke sa senzora uređaja na mesto gde se oni mogu skladištiti za dalju upotrebu.

Većina tih sistema radi sa veoma ograničenom komunikacionom propusnom moći, posebno u industrijama sa udaljenim ili veoma mobilnim okruženjem. To znači da se samo mali podskup proizvedenih podataka zaista prikupi. Čak i u situacijama kada propusna moć komunikacionih kanala nije problem, troškovi transporta i skladištenja ogromne količine podataka, koji mogu ali ne moraju biti važni, može biti razlog za odustajanje od IoT projekta.

Sve ovo čini suštinski prvi korak u osposobljavanju uređaja da postanu osnova IoT rešenja. Bez podataka sa uređaja, nijedna od narednih faza nije moguća. Ipak, prosto dodavanje senzora i inteligencije opremi i prikupljanje podataka zahteva investicije, a ne donosi poslovne benefite samo po sebi. Sistem koji vrši neku vrstu nadzora ili analize je neophodan da bi se stvorila vrednost iz podataka sa uređaja.

### **Stanje 2 – Nadzor u realnom vremenu**

Pošto su podaci prikupljeni na osnovu unapređenja u stanju 1, oni moraju biti praćeni u realnom vremenu i vizualizovani da bi se omogućile primene koje će dovesti do željenih poslovnih rezultata. Uobičajeni načini primene za industrijsku opremu su: održavanje na osnovu praćenja stanja da bi se povećala operativna efikasnost i smanjili troškovi održavanja,

korišćenje podataka iz eksploatacije uređaja koji će poslužiti pri razvoju novih verzija proizvoda i poboljšanja usklađenosti sa zakonskom regulativom, i upravljanje IoT uređajima radi unapređenja njihovog integriteta i smanjenja operativnih troškova. Praćenje i alarmiranje može biti od pomoći organizaciji u sticanju svesti o statusu opreme i usvajanju ili redefinisanju poslovnih procesa sa ciljem ostvarivanja boljih rezultata.

Panel koji pruža osnovne informacije, vizualizovane podatke i jednostavno alarmiranje je čest primer ovakvih sistema. Na primer, panel emituje alarm kada temperatura dosegne određeni nivo tako da osoba koja nadzire može da preduzme korake da dijagnostifikuje i ukloni problem.

U ovoj fazi, na osnovu podataka se preduzimaju određene akcije, ali one moraju biti preduzete od strane ljudi. Stavljenjem sve većeg broja opreme pod nadzor u realnom vremenu postaje sve teže, pa i nemoguće ljudskom biću da prati veći broj alarma i stanja u velikoj količini generisanih podataka. U takvim slučajevima, kada sistem raste, softver je bolje rešenje za nadzor u realnom vremenu.

Sa nadzorom u realnom vremenu kompanije dostižu određeni nivo održavanja na osnovu stanja, ipak, ovaj način često dovodi do neprihvatljivo velikog broja grešaka, lažnih uzbuna (alarmiranje problema koji nisu pronađeni) ili previda (grešaka koje nisu alarmirane). Prosta panel rešenja jednostavno ne mogu detektovati složene uslove i događaje jer primenjuju jednostavnu logiku na složenu opremu.

Da bi se u što većoj meri ostvarila potencijalna vrednost od podataka sa uređaja neophodne su napredne sposobnosti u obliku složene analitike. Složena analitika prevazilazi prostu obradu događaja (najčešće u formi "ako A onda B" pravila) time što primenjuje složena pravila i analizu na osnovu podataka iz više izvora da bi se uočile složene interakcije i međuzavisnosti između njih.

### **Stanje 3 – Analitika**

Analiza podataka može da pruži bolje razumevanje događaja, predviđanje budućih događaja, optimizaciju, i redukuje nepotrebne lažne uzbune u značajnoj meri, ali ekstrakcija znanja iz ogromnog broja podataka je zahtevan posao. Za podršku IoT-u najverovatnije će biti

potrebni različiti tipovi i formati podataka. Efektivno korišćenje različitih izvora podataka često zahteva dodatni korak adaptiranja podataka; na primer, konverziju svih podataka o temperaturi iz Farenhajta u Celzijuse, ili dodavanje kontekstnih podataka – o vremenu, mestu i sl. Za uspešan sistem za analizu podataka potrebno je nekoliko elemenata:

- *Pronalaženje podataka* – najvažnije je imati pravu vrstu podataka koja podržava željenu primenu i očekivane rezultate IoT-a. Odgovarajući tipovi podataka mogu biti identifikovani i prikupljeni određivanjem vrsta i tipova senzora koji su potrebni da bi se obezbedili neophodni podaci sa uređaja, i analizom koji poslovni sistemi mogu zahtevati integraciju. Tek tada mogu biti primenjene kompleksne obrade događaja radi dubinske analize i razumevanja.
- *Mašinsko učenje* – nakon prikupljanja mogu biti primenjeni algoritmi na velike skupove podataka da izvrše mukotrpan i obiman posao uočavanja korelacija i obrazaca ponašanja.
- *Klaster analiza* – nakon primene mašinskog učenja na podacima, grupe opreme koje imaju slično ponašanje mogu biti identifikovane da pomognu u razumevanju kako funkcioniše okruženje.
- *Digitalni model* – predstavlja digitalni model ponašanja opreme.

Ovi elementi nude zaista vredno razumevanje koje omogućava preduzimanje odgovarajućih akcija – u mnogim slučajevima automatski. U primeru za održavanje na osnovu praćenja stanja, sposobnost primene kompleksne logike na istorijskim podacima i drugim kontekstualnim ili sistemskim informacijama (kao što je specifikacija opreme), uz podatke koje šalju senzori nude mnogo tačnije profile i predviđanje događaja nego što će ljudski operater ikada moći.

Znanja stečena u ovoj fazi omogućavaju organizaciji napredak ka nekoliko novih primena IoT-a: predviđanje kvarova što može dovesti do povećanja broja radnih sati, sredstava, ili eliminaciju lažnih uzbuna i previda, održavanje zasnovano na stanju, optimizaciju uređaja radi ostvarivanja boljih performansi.

Iako stečena znanja mogu rezultovati sofisticiranijim panelima i boljom predstavom šta se dešava u okruženju organizacije, sistem je i dalje reaktivan – a ne proaktivan. Problem skalabilnosti se ponovo javlja i u ovoj fazi, a rešenje predstavlja automatizacija.

#### **Stanje 4 - Automatizacija**

Sa primenjenim pravilima i automatizacijom kompleksne akcije mogu biti izvedene u različitim organizacionim celinama, kao što je, na primer, integracija sa skladištem, sistemom za podršku, sistemom za upravljanje klijentima. Takođe, pravila prikupljanja podataka mogu se menjati dinamički. Na primer, ako je uređaj ispravan, manje podataka se prikuplja i šalje, ali ako se utvrdi da se uslovi približavaju nekim granično dozvoljenim vrednostima, preuzima se veći broj podataka čime raste njihova pouzdanost. Pravila se primenjuju i radi povećanja bezbednosti, na primer, ako se dogodi određeni skup uslova, mašina može biti zaustavljena automatski, bez čekanja da operator sistema interveniše.

Pravila su po svojoj prirodi dinamična, sistem prikuplja podatke, analizira ih, ekstrahuje znanja i pretvara ih skup pravila koja se primenjuju u realnom okruženju. Međutim, nakon 30, 60, 90,.. dana efektivnost pravila nije više ista. Oprema često radi u agresivnom okruženju, ili pod uticajem spoljašnjih faktora. Negde u sistemu mogu biti izvršene neke promene na hardveru ili softveru koje menjaju sistem u dovoljnoj meri da pravila definisana u originalnom okruženju više nisu primenljiva. Automatizacija može pomoći i u ovakvim slučajevima.

Organizacije na ovom nivou mogu ostvariti potpune benefite primenom IoT-a na različite načine, uključujući održavanje na osnovu stanja, optimalno korišćenje uređaja, predviđanje kvarova. Za neke organizacije (i njihove poslovne modele) to može biti dovoljno. Ipak, organizacije mogu stvoriti dodatnu vrednost u ovim načinima primene, kao i u upravljanju IoT uređajima tako što će svoje uređaje i opremu učiniti još pametnijim.

#### **Stanje 5 – Napredna distribuirana inteligencija**

Distribuirana inteligencija, procesiranje na obodu (edge computing), analitika na obodu, inteligencija na obodu – svi ovi termini opisuju isti osnovni koncept – procesiranje podataka na, ili u neposrednoj blizini povezane opreme, kao dodatak funkcijama koje se obavljaju na gejtvejima ili u klauđu. Umesto da se podaci premeštaju do logike, distribuirana inteligencija donosi logiku ka podacima. U slučaju kompleksnih mašinskih postrojenja, dosta današnje

povezane opreme već ima procesorske mogućnosti koje mogu biti iskorišćene za izvođenje analize podataka i automatizaciju direktno na opremi, u realnom vremenu.

Dodavanje analitike i automatizacije na opremu omogućava da se svi podaci, a ne samo uzorak, mogu analizirati, što doprinosi većoj tačnosti i pouzdanosti rezultata analize. U tipičnom scenariju kada se ograničen broj podataka šalje na analizu, odluke se donose na osnovu malog procenta transportovanih i uskladištenih podataka. Sa raspoloživih 100% podataka, rezultati su brži, tačniji, i elimiše se potreba (i troškovi) slanja i skladištenja nepotrebnih podataka.

Distribuirana inteligencija donosi punu IoT zrelost organizaciji, omogućavajući industrijskim organizacijama maksimalan povratak investicija (ROI) i poslovne benefite koji su rezultat predviđanja kvarova, dijagnostike na osnovu podataka, i optimizacije uređaja. Dalje, pravo IoT upravljanje uređajima postaje stvarnost pošto distribuirana inteligencija prati stanje sa ciljem da identifikuje događaje, a zatim automatski preduzima akcije, uz tačnije predviđanje i kraće vreme reakcije. Takođe, obezbeđuje i značajnu funkcionalnost u uslovima gubitka konekcije. Na primer, mašina može biti brzo i automatski zaustavljena kada se dese uslovi koji narušavaju bezbednost.

*Gde se nalaze današnje organizacije na ovoj skali IoT zrelosti?* BSQUARE procenjuje da većina kompanija danas ima implementiran prvi nivo, a nešto manje ih je drugoj – u kojoj zaista nešto rade sa podacima. Veoma mali broj organizacija je napredovao dalje od nadzora u realnom vremenu i ostvaruje benefite koje donose viši nivoi.

Samo u slučajevima kada se znanja stečena na osnovu analitike primenjuju u poslovnim modelima i procesima organizacije može biti ostvarena prava dobrobit od IoT-a. Predviđanje kvarova i dijagnostika na osnovu podataka može smanjiti neplanirana vremena u otkazu. Kada je servis potreban, može obezbediti da pravi tehničar sa odgovarajućim znanjima, alatima i informacijama reši problem iz prvog pokušaja, na osnovu znanja stečenih prikupljanjem i obradom podataka.

### 2.3.5 Šumaherov Industry 4.0 Maturity Model

Termin Industrija 4.0 je nastao na osnovu toga što su savremeni koncepti *proizvodnje* poznati pod različitim nazivima, Proizvodnja zasnovana na klauđu, Industrijski Internet, IoT, Pametna proizvodnja objedinjeni pod konceptom Četvrta industrijska revolucija, skraćeno Industrija 4.0 [33]. Pod pojmom Industrija 4.0 smatraju se najnovija tehnološka dostignuća gde su Internet i pomoćne tehnologije (npr. ugrađeni sistemi – embedded systems) služe kao osnova za integraciju fizičkih objekata, ljudi, inteligentnih mašina, proizvodnih linija i procesa u i van organizacionih granica da bi se stvorila nova vrsta inteligentnih, umreženih i agilnih lanaca vrednosti [18]. Veoma sličnu ili istu definiciju nose i pojmovi Industrijski internet, Proizvodnja zasnovana na klauđu, pametna proizvodnja, i naravno, ovde najzanimljiviji IoT. U nastavku je prikazan metod za ocenu spremnosti za Industriju 4.0 koji je razvio A. Šumaher sa saradnicima.

Model je razvijen u tri faze: u inicijalnoj fazi autori su se detaljno upoznali sa domenom Industrije 4.0, zatim su pristupili razvoju strukture modela, kao i alata za podršku njegove primene, i u poslednjoj fazi je model implementiran i testiran u praksi da bi se proverila validnost razvijenog rešenja.

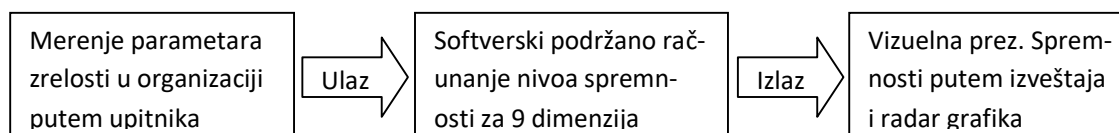
Predloženi model sastoji se od 62 stavke na osnovu kojih se ocenjuje spremnost organizacije koje su grupisane u 9 dimenzija, prema prikazu u tabeli 2.2.

Evolutivni put za svaku stavku vodi kroz pet nivoa zrelosti gde nivo 1 opisuje potpuni izostanak atributa vezanih za koncept Industrije 4.0, a nivo 5 predstavlja trenutno najviši nivo razmatranog atributa. Merenje, određivanje i prezentacija spremnosti preduzeća radi se u tri koraka prema slici 2.5, a koja su integrisana u korisnički orijentisan, lak za rukovanje, softverski alat.



Tabela 2.2: Dimenzije i stavke spremnosti Industry 4.0 Maturity Model [18]

Dimenzija	Stavka
<b>Strategija</b>	Plan implementacije Industrije 4.0, Raspoloživost resursa za realizaciju plana, Usvajanje poslovnih modela...
<b>Liderstvo</b>	Podrška lidera, Kompetentnost i metode menadžmenta, Postojanje centralne koordinacije Industrije 4.0...
<b>Klijenti</b>	Upotreba podataka o klijentima, Digitalizacija prodaje/usluga, Digitalna kompetentnost klijenata...
<b>Proizvod</b>	Individualizacija proizvoda, Digitalizacija proizvoda, Integracija proizvoda u druge sisteme...
<b>Operativa</b>	Decentralizacija procesa, Modeliranje i simulacija, Interdisciplinarna i među-sektorska saradnja...
<b>Kultura</b>	Deljenje znanja, Otvorenost za inovacije i među-sektorsku saradnju, Vrednovanje IKT-a u organizaciji
<b>Ljudi</b>	IKT kompetencije zaposlenih, Otvorenost zaposlenih za nove tehnologije, Autonomija zaposlenih...
<b>Upravljanje</b>	Regulativa za Industriju 4.0, Pogodnost tehnoloških standarda, Zaštita intelektualne svojine
<b>Tehnologija</b>	Postojanje moderne IKT-e, Korišćenje mobilnih uređaja, Upotreba M2M komunikacije...



Slika 2.5 Procedura ocene spremnosti u 3 koraka [18]

Ocena spremnosti kroz parametre zrelosti sprovedi se kroz standardizovan upitnik koji sadrži po jedno zatvoreno pitanje za svaki parametar. Svako pitanje zahteva odgovor na Likert-ovoj skali u rasponu od 1 – najniži nivo, do 5 – najnapredniji nivo. Takođe, kako autor naglašava, upitnik može biti adekvatno popunjen jedino ako ispitanici imaju osnovno razumevanje konceptata Industrije 4.0. Eksterni konsultanti ili grupne sesije mogu povećati verovatnoću da će se upitnikom dobiti verodostojni podaci o organizaciji.

### 2.3.6 Vačterite Integrated IoT Capability Maturity Model

Proučavanjem postojećih modela za ocenu spremnosti koji se odnose na oblasti koje su relevantne za IoT, i njihovim kombinovanjem u novi, IoT-u prilagođen, model, Vachteryute je razvila Integrated IoT Capability Maturity Model [20].

Inspirisana sa pet nivoa najpoznatijeg modela za ocenu spremnosti u oblasti razvoja softvera CMM (1. Inicijalni, 2. Ponovljiv, 3. Definisan, 4. Upravljan, i 5. Optimizujući) Vacheryte definiše pet nivoa spremnosti za IoT: 1. Početni, 2. Preliminarni, 3. Tranzicioni, 4. Harmonični, i 5. Maksimalni. Dimenzije koje se posmatraju na svakom nivou su tehnologija, ovlašćivanje i kultura, i upravljanje znanjem.

Tabela 2.3: Dimenzije i opisi nivoa IoT Capability Maturity Model [20]

<b>Nivo</b>	<b>Tehnologija</b>	<b>Ovlašćivanje i kultura</b>	<b>Upravljanje znanjem</b>
Početni	Usvajanje tehnologije je elementarno, uvođenje novina je veoma statično, svi IoT alati, senzori su u nadležnosti IT/tehničkog sektora. Fokus je na povezivanju uređaja i prikupljanju podataka. Kvalitet podataka zavisi od tehničkog osoblja.	Svi su nezavisni, svako unapređuje svoj sopstveni segment, sa minimalnom kontrolom produktivnosti. Merenje performansi ne postoji na ovom nivou.	Nema ga u organizaciji. Znanje se stiče i čuva individualno, i koristi se preko pojedinaca za aktivnosti koje zahtevaju znanje, obično u svakodnevnom, kratkoročnim aktivnostima.
Preliminarni	Počinje se sa obradom podataka i struktuiranjem informacija. Ipak, i dalje u okviru jednog sektora, iako se prepoznaju različiti segmenti poslovanja i među-povezanost raste. Javlja se potreba za proširenjem i unapređenjem postojećih alata i tehnika.	Potreba za unapređenjem je prepoznata na menadžerskom nivou. Organizacija postaje više strateški orijentisana po pitanju upravljanja znanjem, pa počinje da definiše viziju i postavlja ciljeve. Donošenje odluka je i dalje neformalno i bazirano na ličnom iskustvu.	Svest o potrebi za upravljanjem znanjem i uočenim problemima raste. Organizacija počinje da koristi priliku da stiče znanje, zbog čega individualna znanja počinju da se dele u timovima, i čine se naponi da se ona sačuvaju.
Tranzicioni	Deljenje podataka je na nivou organizacije, i podaci se tretiraju kao sredstvo cele organizacije. Tako su različiti sektori više usaglašeni. Upravljanje kvalitetom je važno u ovoj fazi.	Sistem nagrađivanja je napravljen sa namerom da poveća motivaciju i učešće u razvojnom okruženju baziranom na informacijama. Organizuju se sastanci za deljenje znanja koji doprinose otvorenoj i podsticajnoj atmosferi.	Organizacija uviđa kakva vrsta znanja joj je potrebna da podrži strateške planove, i strukturiše ga po oblastima. Timovi uviđaju da prave informacije ne dolaze iz samostalnog IT sektora, već samo u saradnji svih

Nivo	Tehnologija	Ovlašćivanje i kultura	Upravljanje znanjem
		<p>Proces donošenja odluka postaje formalan, jasno definisan i zasnovan na modelu prihvaćenom od svih. Ipak, model odlučivanja je prilično krut i primenjuje se na većinu odluka sa malim prilagođavanjima.</p>	<p>poslovnih jedinica, zato se definišu ciljevi koji se odnose na znanje, a proistekli strategije kompanije i ključnih pokazatelja performansi (KPI).</p>
Harmonični	<p>Postoji zajednička svest da je tehnologija samo alat za ekstrakciju podataka i postoji potreba za unapređenjem okruženja. Tako se tehnički specijalisti obučavaju za upravljanje znanjem, i pomažu u obradi i pripremi podataka za donošenje odluka.</p>	<p>Proces odlučivanja je kontrolisan i dobro dokumentovan za evaluaciju. Kultura je više otvorena i članovi dele i diskutuju informacije. Jasno je šta donosi vrednost i kako se ona kreira.</p>	<p>Svo znanje se kontinuirano revidira i najbolja iskustva se prosleđuju i integrišu kroz celu organizaciju. Postoji osoba odgovorna za rukovanje i distribuciju procesa transformacije podataka u znanja.</p>
Maksimalni	<p>IT sektor kontinuirano unapređuje svoje performanse i učestvuje u timu za donošenje odluka. Inovacije postaju važan aspekt. U ovoj fazi produktivnost više nije problem, ona je na maksimumu i stabilna. Organizacija uvodi i upravlja mašinskim učenjem u analizi podataka.</p>	<p>Odluke se donose na osnovu analize slučaja od strane tima. Vizija i strategija uključuju IoT podatke i jasno su poznati u celoj organizaciji. Stvaranje vrednosti kroz IoT upravljanje je inkorporirano u filozofiju organizacije. Menadžment tim je usvojio formalno upravljanje na bazi informacija. Dodatno, upravljanje promenama je optimizovano, i oporavak nakon problema je brz.</p>	<p>Organizacija poseduje i kontinuirano stiče nova znanja potrebna u procesu donošenja odluka. Način transformacije sirovih podataka u znanja je definisan i poznat. Znanje se se jednostavno deli ne samo u okviru organizacije već i sa zainteresovanim stranama u okruženju.</p>

Dalje se navode koraci kako implementirati predloženi model. Operativni koraci su adaptirani koraci CMM-a. Organizacija treba da odabere i obuči tim za implementaciju modela. Zatim je ključno da se detaljno prouče nivoi IoT modela i realno oceni trenutni nivo organizacije u njemu. Konačno, tim treba da odredi glavne prednosti i slabosti za svaku oblast u skladu sa opisom nivoa modela i pokrene proces podizanja nivoa spremnosti za IoT.

### **2.2.7 Ocena stanja procesa implementacije IoT-a**

Aktuelna ispitivanja pokazuju da postoje ozbiljni problemi u implementaciji IoT projekata [3], [10]. Uzroci su, kako se navodi u [2], nedovoljno iskustva u definisanju novih poslovnih modela koje IoT omogućava, nedovoljno poznavanje raznovrsnih i naprednih IoT tehnologija, i neophodna multi-disciplinarnost timova koju IoT nameće.

Metode za ocenu spremnosti za IoT pružaju strukturiran pristup implementaciji IoT-a i predmet su interesovanja konsultanskih kuća, proizvođača IoT opreme i tehnologija, različitih stručnih tela i akademske zajednice. Neki od pomenutih entiteta se bave načinima integracije IoT u organizacijama i razvojem alata pomoću kojih se mogu oceniti trenutna pozicija organizacija, kao i kako dostići željeno stanje u odnosu na IoT, na što efektivniji način. Činjenica da ovi, po prirodi različiti entiteti, imaju različite sopstvene motive i interese u ovom segmentu uticala je na veliku raznovrsnost raspoloživih rešenja modela i alata za ocenu spremnosti organizacija za implementaciju IoT-a. Veliki broj raznovrsnih raspoloživih rešenja otežava izbor odgovarajuće metode potencijalnim korisnicima jer pred njih postavljaju brojne dileme: da li će odabrana metoda biti pogodna za određeni tip organizacije, za određeni domen, u kojoj meri će organizacija postati zavisna od dobavljača, u kojoj meri će sistem biti interoperativan itd.

Važnost primene IoT-a u cilju poboljšanja finansijskih, organizacionih, proizvodnih i drugih performansi organizacija kao i neminovnost prilagođavanja organizacija ovim tehnološkim trendovima i zahtevanoj interoperabilnosti IoT sistema vode ka stvaranju potrebe univerzalnog recepta za implementaciju IoT-a.

Zbog toga se poslednjih godina veliki naponi IoT zajednice ulažu u standardizovanje svih za IoT relevantnih oblasti, a jedan od najznačajnijih poduhvata u ovom segmentu je ranije

pomenuti standard za definisanje IoT arhitekture (eng. Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things) koji razvija društvo inženjera IEEE (eng. Institute of Electrical and Electronics Engineers). Završetak ovog projekta se očekuje u narednim godinama, a u međuvremenu su korisnicima na raspolaganju postojeća i nastajuća rešenja. Pri tome se može očekivati da će ona rešenja koja se budu uspešno potvrdila u praksi biti ugrađena i u nastajuće standarde.

### **3. KAMPUS IOT (KIoT) MODEL**

U ovom poglavlju je prikazan je KIoT (Kampus IoT), razvijeni model za ocenu spremnosti studentskih kampusa za IoT. U prvom delu poglavlja je prikazana metodologija pomoću koje je KIoT razvijen. Obrazložen je izbor metode, nakon čega predstavljena odabrana Bekerova metodologija razvoja modela za ocenu spremnosti koja je već testirana u više slučajeva razvoja modela za ocenu spremnosti za IoT [18], [20]. Zatim, predstavljen KIoT model sa dimenzijama relevantnim za IoT u Univerzitetskim kampusima grupisanim u dve kategorije: organizacionu i tehnološku. Sastavni delovi KIoT-a su i Studentski upitnik i softverski alat za podršku generisanju izveštaja o rezultatima sprovođenja metode u realnom sistemu koji su prikazani u poslednjem potpoglavlju.

#### **3.1 METODOLOGIJA RAZVOJA**

Koncept modela za ocenu spremnosti se sve više primenjuju u oblastima informacionih sistema (IS) i menadžmenta, ili kao struktuiran pristup kontinuiranom unapređenju procesa, ili kao sredstvo za samoocenjivanje ili ocenjivanje od strane konsultanata [34]. Ovi modeli se razvijaju radi ocene spremnosti – zrelosti (kompetencija, sposobnosti, nivoa sofisticiranosti) u odabranom domenu na osnovu manje ili više potpunog skupa kriterijuma [39].

Jorg Beker navodi da se modeli za ocenu spremnosti (eng. readiness assessment) ili, veoma bliski, modeli za ocenu zrelosti (maturity) sastoje, pored ostalog, od niza predefinisanih nivoa spremnosti/zrelosti za posmatrani domen (termini zrelost i spremnost se ovde smatraju sinonimima) [14]. Najčešće, domen posmatranja je celokupno poslovanje organizacije, ili su u pitanju neki procesi u njima. Najniži nivo predstavlja inicijalno stanje koje, na primer, može biti okarakterisano kao takvo da organizacija ima male ili nikakve sposobnosti u

posmatranom domenu. Nasuprot tome, najviši nivo predstavlja stanje potpune spremnosti/zrelosti. Napredak na evolutivnom putu između krajnjih vrednosti uključuje kontinuirani progres u pogledu sposobnosti organizacije ili performansi procesa, zaključuje Becker [14].

Modeli za ocenu spremnosti služe da omoguće ocenu trenutnog stanja posmatrane veličine na evolutivnom putu organizacije. Baze znanja koje su sadržane u ovim modelima definišu kriterijume i karakteristike koje moraju biti ispunjene za dostizanje određenog nivoa zrelosti. Tokom ocenjivanja spremnosti, pravi se trenutni snimak stanja organizacije u pogledu zadatog kriterijuma. Prikupljene karakteristike se analiziraju da bi se definisao nivo spremnosti organizacije. Primena modela se najčešće sprovodi predefinisanim procedurama, npr. upitnicima, intervjuima i sl. Na osnovu analize trenutnog stanja mogu biti definisane preporuke za ciljem dostizanja višeg nivoa spremnosti.

Prema Hevneru [35], u naučnom pristupu razvoju informacionih sistema najčešće se primenjuju dva prilaza: bihejvioristički i razvojni (eng. design science). Razvojni pristup teži da proširi postojeće granice ljudskih ili organizacionih sposobnosti stvarajući nove ili inovirajući postojeće artefakte. Kako tvrdi Hevner, ova dva pristupa su komplementarna.

*Bihejvioristički prilaz* ima svoje korene u metodima istraživanja u prirodnim naukama. Ovaj prilaz nastoji da razvije i verifikuje teorije (npr. principe i zakone) koje objašnjavaju i predviđaju ljudsko ili organizaciono ponašanje u okviru analize, razvoja, implementacije i korišćenja informacionih sistema [35]. Takve teorije neizostavno upoznaju istraživače i praktičare o interakcijama između ljudi, tehnologije i organizacije kojima se mora upravljati da bi IS ispunio svoj cilj, povećanje efektivnosti i efikasnosti organizacije. Te teorije utiču, a i same bivaju pod uticajem, razvojnih odluka donešenih u pogledu izbora metodologije razvoja sistema, funkcionalnih mogućnosti, informacionih sadržaja, i ljudskih interfejsa u okviru IS.

*Razvojni pristup* ima svoje korene u inženjerskoj praksi i naukama o veštačkom (sciences of the artificial) [38]. U suštini to je pristup rešavanjem problema. On teži da kroz inovacije kreira ideje, procedure, tehničke mogućnosti i proizvode pomoću kojih analiza, razvoj, implementacija, upravljanje i korišćenje IS može biti efektivno i efikasno ostvareno [40], [41].

Takvi artefakti nisu poštedeni prirodnih zakona ili biheviorističkih teorija. Naprotiv, njihov razvoj se oslanja na postojeće teorije koje su primenjene, testirane, modifikovane i proširene kroz iskustvo, kreativnost, intuiciju i sposobnost rešavanja problema istraživača [42], [43].

Oba prilaza su veoma važna za discipline IS jer pružaju istraživačima priliku da, koristeći komplementarne istraživačke cikluse između biheviorističkog i razvojnog pristupa, ostvare značajne napretke u fundamentalnim problemima sa kojima se suočava produktivna primena IT-ja [35]. Tehnologija i ponašanje nisu dihotmni, oni su nerazdvojni u istraživanjima IS-a [44]. Filozofski argument pragmatičara je da su istina (potvrđena teorija) i korisnost (efektivni artefakt) dve strane istog novčića, i da naučno istraživanje treba da bude evaluirano u svetlu njegovih praktičnih implikacija [45].

IT artefakt implementiran u organizaciji često je objekat proučavanja naučnih IS istraživanja biheviorističkim pristupom. Teorije nastoje da predvide ili objasne fenomene koji se dešavaju u toku primene artefakta, uočene korisnosti, i uticaj na pojedince i organizacije zavisne od sistema, servisa i kvaliteta informacija [46].

*Razvojni pristup*, sa druge strane istraživačkog ciklusa IS-a, kreira i vrednuje IT artefakt namenjen da reši neki problem organizacije. Takvi artefakti su predstavljeni u struktuiranoj formi koja može varirati od softvera, formalne logike do neformalnog opisa prirodnim jezikom. Matematička osnova primenjena u razvoju omogućava različite tipove kvantitativne evaluacije IT artefakta, uključujući optimizaciju, analitičku simulaciju, i kvantitavno poređenje sa alternativnim rešenjima. Dalja evaluacija novog artefakta u datom organizacionom kontekstu pruža priliku za primenu empirijskih i kvalitativnih metoda. Kompleksni fenomen koji nastaje interakcijom ljudi, organizacije i tehnologije može zahtevati kvalitativne analize koje će dovesti do višeg nivoa razumevanja fenomena, dovoljnog za razvoj teorije ili rešenja problema. Istraživanja "na terenu" omogućavaju istraživačima sa biheviorističkim pristupom da razumeju organizacione promene u kontekstu, proces razvoja i primene inovativnog IT artefakta omogućava istraživačima sa razvojnim pristupom da shvate problem koji artefakt treba da reši, i izvodljivost njihovog pristupa problemu [35].



Zašto je razvojni pristup pravi za razvoj modela za ocenu spremnosti?

*Razvojni naučni pristup* ima za cilj povećanje sposobnosti rešavanja problema putem razvoja inovativnih artifakata kao što su *konstrukti, modeli, metode i instance*. [35]

*Konstrukti* predstavljaju rečnik i simbole, jezik u kom su problem i rešenje definisani i prezentirani [37].

*Model* – apstrakti i prezentacija, modeli koriste konstrukte da prikažu realni svet, problem koji se rešava i domen njegovog rešenja. Modeli pomažu boljem razumevanju problema i rešenja, pomažu u ispitivanju efekata razvojnih odluka na stvarni svet [38].

*Metode* – algoritmi i tehnike, metodi definišu procese, predstavljaju uputstva kako rešiti problem, kako sprovesti istraživanje domena rešenja. Mogu biti u intervalu od formalnih, matematičkih algoritama koji eksplicitno definišu istraživački proces, do neformalnih tektualnih opisa dokazanih rešenja, ili neka kombinacija [35].

*Instance* – implementirani sistemi i prototipovi, instance pokazuju da konstrukti, modeli i metode mogu biti implementirani u sistem koji radi. Demonstriraju izvodljivost, omogućavaju konkretnu ocenu pogodnosti artifakta u ispunjavanju namenjene svrhe. Takođe, omogućavaju istraživačima da nauče o stvarnom svetu, kako artefakt utiče na njega, i kako ga korisnici prihvataju [35].

Tako, modeli za ocenu spremnosti mogu biti posmatrani kao artefakti koji služe rešavanju problema određivanja trenutnih mogućnosti organizacije i preporučivanje mera za poboljšanje nakon toga, a koji se sastoji od navedenih elemenata. Zbog navedenog može se pretpostaviti da razvoj modela za ocenu spremnosti pada u oblast primene za koja važe sedam uputstava koja je definisao Hevner za razvojni pristup razvoju IS a koja su prikazana u Tabeli 3.1.

Primenjujući Hevnerova pravila za razvojni pristup naučnom istraživanju na slučaj razvoja modela za ocenu spremnosti Beker definiše zahteve koje treba ispuniti u toku procesa [14]:

- Z1 – poređenje sa postojećim modelima za ocenu spremnosti – Cilj razvojnog pristupa je razvoj inovativnog artifakta kojim se rešava problem (U1) koji će doprineti

postojećim istraživanjima (U4). U razvoju modela za ocenu spremnosti to znači da potreba za razvojem novog modela za ocenu spremnosti mora biti obrazložena poređenjem sa postojećim modelima. Novi model može biti i poboljšanje već postojećeg.

Tabela 3.1 Uputstva za istraživane razvojnim pristupom [35]

Uputstva	Opis
U1: Kreiraj Artifakt	Razvojni pristup istraživanju mora proizvesti izvodljiv artifakt u obliku konstrukta, modela, metoda, ili instance
U2: Releatnost problema	Cilj razvojnog pristupa istraživanju je da razvija tehnološki zasnovana rešenja važnih i relevantnih poslovnih problema
U3: Evaluacija rešenja	Doprinos, kvalitet i efikasnost kreiranog artifakta moraju biti detaljno i jasno demonstrirani putem odabranih metoda evaluacije
U4: Doprinos istraživanja	Efektivno naučno istraživanje razvojnim pristupom mora pružiti jasne i proverljive doprinose u oblastima artifakta, osnova razvoja, i/ili razvojne metodologije
U5: Istraživačka dolednost / temeljnost / doslednost	Naučno istraživanje razvojnim pristupom oslanja se na primeni doslednih metoda i u toku razvoja i u toku evaluacije razvijanog artifakta
U6: Razvoj kao istraživački proces	Potruga za efektivnim artifaktom zahteva korišćenje raspoloživih sredstava da bi se ostvarili željeni rezultati uz zadovoljavanje zakona u domenu problema
U7: Plasman rezultata istraživanja	Naučno istraživanje razvojnim pristupom mora biti efektivno predstavljeno i tehnološki i menadžerski orijentisanom ciljnoj grupi

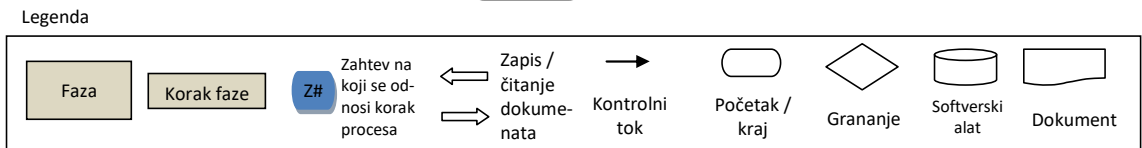
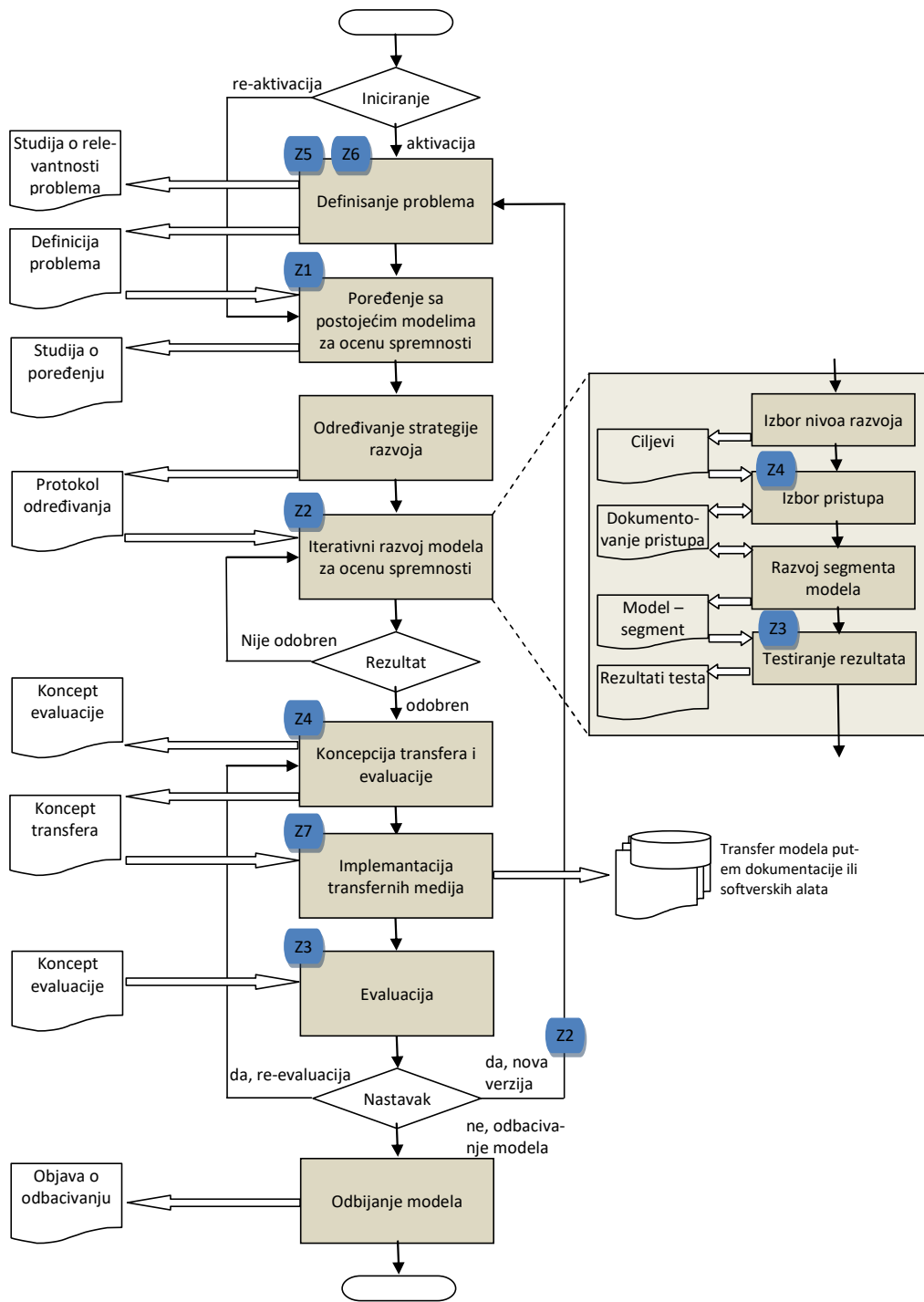
- Z2 – iterativna procedura razvoja – U6 Razvoj kao istraživački proces, naglašava da rešenje mora biti iterativno predloženo, doterano, evaluirano, i ako je neophodno, popravljeno. Sledi da modeli za ocenu spremnosti moraju biti razvijani iterativno, korak po korak, radi unapređenja, uklanjanja nedostataka;
- Z3 – evaluacija – U3 (Evaluacija) ističe da evaluacija svih rezultata (uključujući međurezultate) mora biti sprovedena odgovarajućom naučnom metodologijom - svi principi i pretpostavke razvijanog modela, kao i njegova korisnost, kvalitet i efektivnost, moraju biti iterativno vrednovani;
- Z4 – multi-metodološka procedura – Budući da različite metode mogu biti korišćene u razvoju artifakta i u evaluaciji dobijenih rezultata, najčešće se usvaja multi-

metodološka procedura. Sa naglaskom na U5 (dosledno istraživanje) može se reći da razvoj modela za ocenu zrelosti zahteva lepezu istraživačkih metoda koje treba da budu dobro osmišljenje i dobro sinhronizovane;

- Z5 – identifikacija relevantnosti problema – U2 (relevantnost problema) ističe da artefakt koji rešava problem ne sme da bude samo inovativan, već da rešavani problem mora biti značajan za nauku i/ili struku. Relevantnost/značaj rešenja problema na koji se odnosi projektovani model za ocenu spremnosti za istraživače i/ili praksu mora biti prikazan;
- Z6 – definicija problema – Utvrđivanje relevantnosti (U2) takođe nameće zahtev za tačnim definisanjem problema istraživanja. Predviđeni domen aplikacije modela, kao i uslovi za njegovu primenu i planirani benefiti, moraju biti definisani pre kreiranja modela.
- Z7 – ciljano objavljivanje rezultata – Dokumentovanje istraživačkog procesa je od vitalnog značaja za naučne procedure. Prezentacija modela za ocenu spremnosti mora biti planirana sa osvrtom na uslove primene i potrebe korisnika;
- Z8 – naučno dokumentovanje – Proces kreiranja modela za ocenu spremnosti mora biti detaljno dokumentovan, razmatrajući svaki korak procesa, uključene grupe učesnika, primenjene metode i rezultate za potrebe naučne javnosti.

Na osnovu definisanih zahteva i proučavanja postojećih, dobro dokumentovanih modela, Beker definiše proceduru razvoja modela za ocenu spremnosti u 8 koraka, slika 3.1.

Prema Z6, procedura započinje definicijom problema. Najvažnija odluka u ovoj fazi je opredeljivanje za fokus modela – daje odgovor na pitanje na koji domen će se razvijani model za ocenu spremnosti odnositi, da li će biti opšte namene ili će se odnositi na neki specifičan segment. Primeri modela opšte namene uključuju menadžerske modele, kao EFQM (koji se bavi poslovnom izvrsnošću) i Total Quality Management (koji se odnosi na kvalitet procesa). Primer poznatog modela za specifični proces je CMM (Capability Maturity Model) koji se primenjuje na jedan proces – proces razvoja softvera. Kada se definiše opseg mogu se identifikovati ključni učesnici iz akademskog, poslovnog, neprofitnog i državnog sektora koji mogu biti zainteresovani i pomoći u razvoju modela. U okviru ove disertacije cilj je razviti model za ocenu spremnosti studentskih kampusa za IoT.



Slika 3.1 Bekerova procedura razvoja modela za ocenu spremnosti [14]

Istovremeno, prema Z5, relevantnost problema, npr. aktualna potreba za modelom za ocenu spremnosti, mora biti jasno izražena. Poređenje sa postojećim modelima za ocenu spremnosti, prema Z1, mora biti urađeno. Uočeni nedostaci ili nemogućnost primene često vode ka potrebi za poboljšanjima starijih modela. Detaljno poređenje je pomoć u razboritom određivanju strategije razvoja, što prema Z8 takođe mora biti dokumentovano. Glavne osnovne strategije razvoja modela za ocenu spremnosti mogu biti razvoj potpuno novog modela, ili poboljšanje postojećeg; kombinovanje više modela u jedan veći, ili transfer strukture ili sadržaja iz postojećih modela u nove domene primene - što je odabrana strategija za realizaciju modela u okviru ove disertacije. Pronađeni, dobro dokumentovani, modeli za ocenu spremnosti za IoT ne pokrivaju u potpunosti sve dimenzije koje su relevantne, a sadrže one koje uopšte nisu relevantne za IoT u univerzitetskim kampusima. Studentski kampus, pored osnovnih usluga obrazovanja, smeštaja i ishrane studenata, pruža još niz usluga koje čine svakodnevni život studentske populacije što ga čini specifičnim za primenu IoT-a u meri da pronađene metode različitih namena ne mogu biti svrsishodno primenjene.

Budući da većina pronađenih metoda sadrži, u manjoj ili većoj meri, dimenzije koje jesu relevantne i za IoT u kampusima, njihovim kombinovanjem i eliminisanjem onih koji nisu relevantne razvijen je novi model. Centralna faza u procesu razvoja iterativni postupak razvoja modela čime je ispunjen zahtev Z2. Koraci ove faze, izbor nivoa apstrakcije rešenja, izbor pristupa, izrada dela modela, i testiranje, izvode se iterativno. Rešenje na najvišem nivou apstrakcije čini arhitekturu modela za ocenu spremnosti, osnovnu strukturu modela. Pored jedno-dimenzionalnih sekvenci diskretnih koraka, multi-dimenzionalna ocena spremnosti je česta. Različite dimenzije mogu biti organizovane hijerarhijski. Nakon razvoja osnovne strukture, pojedinačne dimenzije i njihovi atributi moraju definisani.

Na osnovu Z4 (multi-disciplanarnost), odgovarajuće metode moraju biti odabrane za svaki nivo apstrakcije. Najčešće je korišćena metoda pregleda literature, iz koje se ekstrahuju kriterijumi za ocenu za model za ocenu spremnosti na osnovu uspešnih iskustava i tipičnih rešenja određenih problema. Eksplorativne metode, kao npr. Delfi metod ili tehnike za podsticanje kreativnosti su takođe pogodne. U sledećem koraku izabrani segment modela treba da bude razvijen u skladu sa odabranom procedurom. U okviru ove disertacije je za

razvoj modela za ocenu spremnosti za IoT korišćena metoda narativnog pregleda literature. Iako sistematski kvantitavni pristup pruža sistematičnije i objektivnije rezultate, i strukturiran proces istraživanja, mali broj pronađenih rezultata (dobro dokumentovanih metoda koje se bave ocenom spremnosti za IoT) opravdava primenu odabranog pristupa kako je preporučeno u [31]. Dobijeni rezultat treba testirati na sveobuhvatnost, konzistentnost i adekvatnost u odnosu na problem, u skladu sa Z3 (evaluacija). Od rezultata ove evaluacije zavisice nastavak postupka razvoja.

U narednoj fazi, Konceptija transfera i evaluacija, moraju biti određeni različiti oblici transfera rezultata akademskim krugovima i korisnicima. Z4 nalaže promišljen izbor različitih formi kojima će model za ocenu spremnosti biti predstavljen ciljnim grupama. Pored široko rasprostranjenog publikovanja ček lista i uputstava, dobru alternativu predstavlja softverski alat koji omogućava pristup modelu (npr. preko Interneta). Prilikom koncipiranja transfera treba omogućiti korisnicima da daju povratne informacije u što ranijoj fazi (npr. upitnicima ili formama sa zahtevom za izmenama, ili prikupljanjem podataka putem softverskih alata). Ako evaluacija uključuje različite grupe ispitanika, način transfera mora obezbediti praćenje rezultata po grupama, npr. između eksperimentalne i kontrolne grupe. U okviru evaluacije razvijenog modela u okviru disertacije korišćeni su razvijeni upitnici i namenski razvijeni softverski alat.

Svrha naredne faze, Implementacija transfernih medija, je da razvijeni model za ocenu spremnosti postane dostupan za sve planirane grupe korisnika. U ovoj fazi najvažije je odabrati adekvatne medije za transfer kako je specificirano u Z7. Transferni mediji su najčešće opširni uzveštaji, ređe upitnici za samo-ocenjivanje.

Prema zahtevu Z3, evaluacijom treba utvrditi da li model za ocenu spremnosti ispunjava planirane benefite i predstavlja poboljšano rešenje definisanog problema. Definisane ciljeve treba uporediti sa zapažanjima iz realnog sistema. Za tu svrhu mogu se organizovati studije slučajeve sa određenim korisnikom, ili se model može učiniti pristupačnim za slobodno korišćenje preko Interneta. Evaluacija razvijenog modela će biti prikazana u petom poglavlju disertacije.

Izlazni rezultati evaluacije mogu dovesti do re-iteracije proceda dizajna (Z2). Takođe je moguće da model za ocenu spremnosti ostane nepromenjen, a da je potrebno modifikovati koncepciju transfera ili evaluacije. Negativni rezultati mogu dovesti do odbijanja modela.

Modeli za ocenu spremnosti, po samoj svojoj prirodi, postaju vremenom zastareli zbog promenjenih uslova, tehnološkog napretka ili novih naučnih saznanja. U slučaju da se pretpostavlja da će nepromenjeni model za ocenu spremnosti biti validan za neku oblast, potrebno je redovno proveravati njegovu validnost odgovarajućim evaluacijama.

### **3.2. KIoT MODEL**

U skladu sa prethodno navedenom procedurom razvoja, razvijen je model za ocenu spremnosti univerzitetskih kampusa za IoT (KIoT) koji je predstavljen u ovom potpoglavlju. KIoT se sastoji iz modela, upitnika definisanih na osnovu modela i softverskog alata za generisanje izlaznih izveštaja o rezultatima testiranja.

*Model* predstavlja bazu znanja koja sadrži faktore koji su relevantni za IoT u studentskom kampusu, a koji su nazvani dimenzije (kao što je čest slučaj u postojećim metoda iste ili slične namene [14], [18]). Definisano je ukupno 24 dimenzije koje su iz praktičnih razloga grupisane u dve osnovne kategorije a zatim u potkategorije, prema tabeli 3.2. Osnovne kategorije su: Tehnološka kategorija i Organizaciona kategorija, slično grupisanje je često u ovakvim multidisciplinarnim modelima (Capability Maturity Model, Raediness Assessment for Concurrent Engineering). Dimenzije Tehnološke kategorije odnose se na postojanje i primenu određenih hardverskih i softverskih komponenti iz oblasti informaciono komunikacionih tehnologija – arhitekturu sistema, mrežne tehnologije i tehnologije baza podataka. Organizaciona kategorija sadrži dimenzije koje se odnose na upravljanje, kulturu, poslovanje, analitiku.

Tabela 3.2 Dimenzije KIoT modela

KATEGORIJA			
Organizaciona		Tehnološka	
POTKATEGORIJA	DIMENZIJA	POTKATEGORIJA	DIMENZIJA
<b>Upravljanje</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strategija</li> <li>2. Liderstvo</li> <li>3. Organizaciona struktura</li> <li>4. IoT tim</li> </ol>	<b>Arhitektura</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Klauz aplikacije</li> <li>2. Integracija – midlver</li> <li>3. Skalabilnost sistema</li> <li>4. IoT Referentna arhitektura</li> <li>5. IoT uređaji</li> </ol>
<b>Kultura</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistem nagrađivanja</li> <li>2. Deljenje znanja</li> <li>3. Vrednovanje IKT u organizaciji</li> </ol>	<b>Podaci</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prikupljanje podataka</li> <li>2. Čuvanje podataka</li> <li>3. Kvalitet podataka</li> <li>4. Sigurnost podataka</li> </ol>
<b>Poslovanje</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digitalizacija poslovanja</li> <li>2. Klijenti</li> <li>3. Analitika</li> </ol>	<b>Računarska mreža</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Interoperabilnost mreže</li> <li>2. Upravljanje mrežom</li> <li>3. Logička sigurnost mreže</li> <li>4. Fizička sigurnost mreže</li> <li>5. Pokrivenost mrežom</li> </ol>

Za svaku od dimenzija su definisana tri nivoa koji opisuju početno, srednje i napredno stanje dimenzije. U ovakvim metodama se najčešće koriste trostepene ili petostepene skale za ocenjivanje dimenzija. Za KIoT je odabrana trostepena skala (kao u [12]) jer obezbeđuju dovoljan nivo sofisticiranosti u ovom slučaju, gde se ocenjuje *stanje* organizacije u odnosu na posmatrane dimenzije, a ne ocenjuju se određeni *proces*. Petostepena skala predstavljena u jednom od najpoznatijih modela za ocenu spremnosti CMM opisuje nivo spremnosti kao inicijalni, ponovljiv, definisan, upravljani i optimizovani, preneti u mnoge druge metode [18], [20], pogodnija je za ocenu određenih procesa u organizaciji, što ovde nije slučaj.

### 3.2.1 Organizacione dimenzije

U ovom potpoglavlju dat je pregled organizacionih dimenzija KIoT modela sa definisanim parametrima početnog, srednjeg i naprednog stanja za svaku dimenziju.



### **3.2.1.1 IoT Strategija**

Dimenzija IoT strategija odnosi se na status IoT strategije u organizaciji. U Tabeli 3.3 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.3: Dimenzija IoT strategija – stanja

<b>Dimenzija IoT strategija</b>	
Početno stanje	Ne postoji definisana IoT strategija, postoje izolovani IoT projekti, ili ništa
Srednje stanje	IoT strategija se razvija na nivou organizacije, pilot projekti
Napredno stanje	IoT strategija postoji, redovno se preispituje, i usaglašena je sa strategijom digitalnog poslovanja organizacije

U okviru ove dimenzije ispituje se da li ona postoji, na kom nivou organizacije i da li je usaglašena sa digitalnom strategijom poslovanja organizacije.

### **3.2.1.2 Liderstvo**

Dimenzija Liderstvo odnosi se na način na koji menadžment organizacije podržava IoT projekte. U Tabeli 3.4 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.4: Dimenzija Liderstvo – stanja

<b>Dimenzija Liderstvo</b>	
Početno stanje	Podrška višeg menadžmenta za IoT izostaje ili postoji, ali samo na verbalnom nivou
Srednje stanje	Viši menadžment podstiče IoT projekte, obezbeđuje neophodna sredstva za realizaciju
Napredno stanje	Viši menadžment podstiče IoT projekte, obezbeđuje neophodna sredstva za realizaciju, radi to kompetentno i posvećeno

U okviru ove dimenzije ispituje se da li podrška višeg menadžmenta postoji i na koji način se pruža.

### **3.2.1.3 Organizaciona struktura**

Dimenzija Organizaciona struktura odnosi se na pogodnost postojeće organizacione strukture organizacije za realizaciju IoT projekata. U Tabeli 3.5 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.5: Dimenzija Organizaciona struktura – stanja

<b>Dimenzija Organizaciona struktura</b>	
Početno stanje	Sektori su strogo podeljeni, komunikacija između njih je kruta i formalizovana
Srednje stanje	Međusektorska saradnja je uobičajena praksa
Napredno stanje	Postoje multi-sektorski timovi za koordinaciju složenih zadataka

U okviru ove dimenzije ispituje se u kojoj meri je omogućena međusektorska saradnja koju IoT nameće.

### **3.2.1.4 IoT tim**

Dimenzija IoT tim odnosi se performanse IoT tima u organizaciji. U Tabeli 3.6 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.6: Dimenzija IoT tim – stanja

<b>Dimenzija IoT tim</b>	
Početno stanje	IT sektor, bez mnogo iskustva sa IoT-om
Srednje stanje	Multi-funkcionalni tim, poseduje neka znanja potrebna za IoT
Napredno stanje	IoT tim koji uključuje viši menadžment, sve sektore organizacije. Većina znanja i veština potrebnih za IoT su pokrivena specijalistima sa iskustvom

U okviru ove dimenzije ispituje se struktura i iskustvo tima koji se bavi IoT projektima

### **3.2.1.5 Sistem nagrađivanja**

Dimenzija Sistem nagrađivanja odnosi se na pogodnost sistema nagrađivanja u organizaciji za IoT. U Tabeli 3.7 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.7: Dimenzija Sistem nagrađivanja – stanja

<b>Dimenzija Sistem nagrađivanja</b>	
Početno stanje	Sistem nagrađivanja se bazira na učinku pojedinaca
Srednje stanje	Postoje slučajevi nagrađivanja prema rezultatima tima
Napredno stanje	Nagrađivanje je isključivo na osnovu rezultata tima

U okviru ove dimenzije ocenjuje se koliko se sistemom nagrađivanja podstiče timski rad koji se podrazumeva u IoT projektima, zbog njihove interdisciplinarnosti.

### **3.2.1.6 Deljenje znanja**

Dimenzija Deljenje znanja odslikava odnos prema deljenju znanja u organizaciji. U Tabeli 3.8 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.8: Dimenzija Deljenje znanja – stanja

<b>Dimenzija Deljenje znanja</b>	
Početno stanje	Znanja su u vlasništvu pojedinaca
Srednje stanje	Deljenje znanja se promovise
Napredno stanje	Deljenje znanja je formalizovano kroz tačno definisane procedure

U okviru ove dimenzije ocenjuje se nivo kulture deljenje znanja, pošto deljenje znanja utiče pozitivno na šanse IoT projekata za uspeh [20], [18].

### **3.2.1.7 Vrednovanje IKT u organizaciji**

Dimenzija Vrednovanje IKT u organizaciji odnosi se na način na koji organizacija reaguje na uvođenje novih tehnologija u poslovanje. U Tabeli 3.9 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.9: Dimenzija Vrednovanje IKT u organizaciji – stanja

<b>Dimenzija Vrednovanje IKT u organizaciji</b>	
Početno stanje	Promene procesa koje nastaju uvođenjem IKT su spore i odvijaju se uz teškoće
Srednje stanje	Zaposleni se brzo prilagođavaju novinama nastalim uvođenjem IKT
Napredno stanje	Zaposleni sami predlažu unapređenja procesa uvođenjem IKT

U okviru ove dimenzije ocenjuje se brzina prilagođavanja i odnos prema novinama iz oblasti informaciono komunikacionih tehnologija u poslovanju.

### **3.2.1.8 Digitalizacija poslovanja**

Dimenzija Digitalizacija poslovanja ocenjuje nivo digitalizovanosti poslovnih procesa u organizaciji. U Tabeli 3.10 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.10: Dimenzija Digitalizacija poslovanja – stanja

<b>Dimenzija Digitalizacija poslovanja</b>	
Početno stanje	Nema uopšte ili ima veoma malo digitalizovanih procesa, usluga, servisa u organizaciji
Srednje stanje	Organizacija ima pojedine digitalizovane procese, usluge, servise u dužem periodu (preko jedne godine)
Napredno stanje	Celokupno poslovanje je digitalizovano u najvećoj mogućoj meri, novine se planiraju tako da budu digitalizovane u najvećoj meri

U okviru ove dimenzije ocenjuje se volumen i iskustvo u primeni digitalizovanih procesa u poslovanju organizacije.

### **3.2.1.9 Klijenti**

Dimenzija Klijenti odnosi se na spremnost klijenata za korišćenje IoT servisa. U Tabeli 3.11 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.11: Dimenzija Klijenti – stanja

<b>Dimenzija Klijenti</b>	
Početno stanje	Klijenti su slabo tehnički opremljeni za IoT projekte
Srednje stanje	Klijenti su solidno tehnički opremljeni za IoT projekte, imaju neka iskustva u primeni
Napredno stanje	Klijenti su dobro tehnički opremljeni, imaju iskustva u primeni, i zainteresovani su za povećanje broja IoT usluga

U okviru ove dimenzije ocenjuje nivo spremnosti, iskustva i očekivanja korisnika usluga organizacije u odnosu na IoT servise.

### **3.2.1.10 Analitika**

Dimenzija Analitika ocenjuje nivo zastupljenosti analitike u organizaciji. U Tabeli 3.12 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.12: Dimenzija Analitika – stanja

<b>Dimenzija Analitika</b>	
Početno stanje	Analiza podataka se radi nikako ili sporadično, rezultati analitike se retko koriste prilikom odlučivanja
Srednje stanje	Analiza podataka se radi redovno, generišu se izveštaji koji su lako dostupni i predstavljaju podlogu za planiranje i preduzimanje akcija
Napredno stanje	Vrši se analiza i delovanje na osnovu njenih rezultata. Koriste se različite tehnike analitike kao što su prediktivna analitika, analitika tokova podataka (analitika kod koje se podaci obrađuju u trenutku nastanka), ili vršenje upita ili izveštavanje. Sastav tima za analitiku i njegovo iskustvo u odnosu na različite analitičke tehnike su odgovarajući

U okviru ove dimenzije ispituje se da li se analitika uopšte radi, da li se deluje u skladu sa njenim rezultatima, kolike su kompetencije i iskustvo tima za analitiku.

### **3.2.2 Tehnološke dimenzije**

U ovom potpoglavlju dat je pregled tehnoloških dimenzija KIoT modela sa definisanim parametrima početnog, srednjeg i naprednog stanja za svaku dimenziju.

#### **3.2.2.1 Klauz aplikacije**

Dimenzija Klauz aplikacije odnosi na primenu klauz tehnologija u organizaciji. U Tabeli 3.13 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.13: Dimenzija Klauz aplikacije – stanja

<b>Dimenzija Klauz aplikacije</b>	
Početno stanje	Ne postoje klauz aplikacije
Srednje stanje	Postoje, ali klauz nije u nadležnosti organizacije (baze ministarstava i sl.)
Napredno stanje	Postoje, klauz je u nadležnosti organizacije

U okviru ove dimenzije ispituje se da li se u organizaciji koriste klad aplikacije, i da li je klad u nadležnosti organizacije.

### **3.2.2.2 Integracija - Midlver**

Dimenzija Integracija - Midlver ocenjuje odnosi se na način planiranja integracije postojećih i budućih segmenata IoT sistema. U Tabeli 3.14 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.14.: Dimenzija Integracija - Midlver – stanja

<b>Dimenzija Integracija – Midlver</b>	
Početno stanje	Ne postoji plan integracije, o integraciji se razmišlja ad hok prilikom dodavanja novih delova sistema
Srednje stanje	Okvirni plan integracije postoji ali se povremeno dešavaju problemi prilikom dodavanje novih segmenata sistemu
Napredno stanje	Integracija se planira dugoročno, u skladu sa budućim potrebama organizacije

U okviru ove dimenzije u ispituje se postojanje plana integracije i da li se na vreme planira integracija segmenata u skladu sa budućim potrebama organizacije.

### **3.2.2.3 Skalabilnost sistema**

Dimenzija Skalabilnost sistema odnosi se na mogućnosti uvećanja sistema u slučaju potrebe. U Tabeli 3.15 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.15: Dimenzija Skalabilnost sistema – stanja

<b>Dimenzija Skalabilnost sistema</b>	
Početno stanje	Prilikom razvoja IoT projekata razmatraju se tekuće potrebe po pitanju IoT platforme, skladištenja podataka, brzine protoka, potreba analitike
Srednje stanje	Za neke od segmenata (platforma, uređaji, mrežna oprema, skladište podataka) se planiraju uvećani kapaciteti
Napredno stanje	Prilikom razvoja IoT projekata vodi se računa o pitanjima kao što su: šta ako se količina podataka ili uređaja uveća za red (ili više) veličine, šta će se desiti u slučaju uvećanja količine podataka koji se čuvaju, kako će se ponašati upiti korisnika u tom slučaju, kakve su potrebe aplikacija u odnosu na rad u realnom vremenu, i kako će se povećanje količine podataka i/ili uređaja odraziti na te zahteve

U okviru ove dimenzije ocenjuje se u kojoj meri se planira sposobnost rada sistema u slučaju povećanih potreba po pitanju funkcionalnosti sistema, količine podataka, mrežnog protoka, zahteva analitike.

#### **3.2.2.4 IoT referentna arhitektura**

Dimenzija IoT referentna arhitektura odnosi se na primenu IoT referentne arhitekture u organizaciji. U Tabeli 3.16 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.16: Dimenzija IoT referentna arhitektura – stanja

<b>Dimenzija IoT referentna arhitektura</b>	
Početno stanje	Ne koristi se IoT referentna arhitektura
Srednje stanje	Delimično se koristi IoT referentna arhitektura
Napredno stanje	IoT referentna arhitektura se koristi u svim segmentima

U okviru ove dimenzije ocenjuje da li se u organizaciji primenjuje neka od poznatih i prihvaćenih IoT referentnih arhitektura.

#### **3.2.2.5 IoT uređaji**

Dimenzija IoT uređaji odnosi se na primenu tipičnih IoT uređaja u organizaciji: senzora, aktuatora i TAG-ova. U Tabeli 3.17 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.17: Dimenzija IoT uređaji – stanja

<b>Dimenzija IoT uređaji</b>	
Početno stanje	Nema IoT uređaja
Srednje stanje	Postoje neki od IoT uređaja u kraćem periodu (do 6 meseci)
Napredno stanje	Postoje neki od IoT uređaja u dužem periodu (preko 6 meseci)

U okviru ove dimenzije ocenjuje se da li i u kom vremenskom periodu organizacija ima iskustva sa pomenutim uređajima.

#### **3.2.2.6 Prikupljanje podataka**

Dimenzija Prikupljanje podataka ocenjuje iskustvo organizacije sa različitim izvorima IoT podataka. U Tabeli 3.18 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.18: Dimenzija Prikupljanje podataka – stanja

<b>Dimenzija Prikupljanje podataka</b>	
Početno stanje	0-2 izvora
Srednje stanje	3-4 izvora
Napredno stanje	Preko 4 izvora

Izvori mogu biti, na primer, kancelarijska oprema (printeri, kopir aparati, RFID uređaji, različiti senzori (temperature, vlage..), pametne brave, pametni merni uređaji (za gas, struju, vodu), uređaji i aplikacije za GPS lociranje, javni podaci: veb, meteorološki, geografski (Google Maps), poslovne aplikacije (ERP, CRM i sl.), nešto drugo...

### **3.2.2.7 Čuvanje podataka**

Dimenzija Čuvanje podataka ispituje pogodnost skladišta podataka organizacije za IoT. U Tabeli 3.19 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.19: Dimenzija Čuvanje podataka – stanja

<b>Dimenzija Čuvanje podataka</b>	
Početno stanje	Relacione baze podataka – unapred definisana šema koju je teško menjati naknadno, podaci su strukturirani, pogodni su za transakcionu obradu podataka
Srednje stanje	Relacione baze, i neki od tipova NoSQL baza koje omogućavaju prihvatanje podataka dinamičke strukture (xml, json...), različitih formata
Napredno stanje	Hibridne baze koje zadovoljavaju sve potrebe organizacije u pogledu fleksibilnosti modela podataka, izvršenja potrebnih upita, oporavka i raspoloživosti u slučaju pada sistema, kašnjenja, tolerancije grešaka itd.

U okviru ove dimenzije ispituje se postojanje u kojoj meri postojeći sistemi za skladištenje podataka u organizaciji odgovaraju IoT servisima.

### **3.2.2.8 Kvalitet podataka**

Dimenzija Kvalitet podataka odnosi se na kvalitet prikupljenih IoT podataka. U Tabeli 3.20 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.



Tabela 3.20: Dimenzija Kvalitet podataka – stanja

<b>Dimenzija Kvalitet podataka</b>	
Početno stanje	Ne kontroliše se kvalitet podataka
Srednje stanje	Kvalitet podataka se kontroliše povremeno, neophodno je vršiti naknadne dorade zbog nedostataka
Napredno stanje	Kvalitet podataka se redovno kontroliše, u najvećem broju slučajeva su pouzdani, adaptirani za upotrebu, svi eventualni nedostaci su uočeni i korigovani

U okviru ove dimenzije ispituje se stanje u odnosu na tačnost, konzistentnost, kompletnost i pravovremenost podataka u organizaciji.

### **3.2.2.9 Sigurnost podataka**

Dimenzija Sigurnost podataka odnosi se na sigurnost podataka u organizaciji. U Tabeli 3.21 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.21: Dimenzija Sigurnost podataka – stanja

<b>Dimenzija Sigurnost podataka</b>	
Početno stanje	O sigurnosti podataka se ne vodi mnogo računa, ili se o tome vodi računa nakon razvoja sistema na konvencionalan način (autentifikacija i autorizacija)
Srednje stanje	O sigurnosti podataka se vodi računa prilikom razvoja sistema, napredni mehanizmi autentifikacije i autorizacije
Napredno stanje	Osetljive informacije korisnika su depersonalizovane, enkriptovane - i u skladištu i prilikom transporta, koriste se odgovarajući mehanizmi autentifikacije i autorizacije

U okviru ove dimenzije ispituju se mere koje se preduzimaju u organizaciji radi očuvanja privatnosti i sprečavanja zloupotrebe prikupljenih podataka.

### **3.2.2.10 Interoperabilnost mreže**

Dimenzija Interoperabilnost mreže odnosi se mogućnost komunikacije različitih vrsta komunikacionih mreža u organizaciji. U Tabeli 3.22 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.22: Dimenzija Interoperabilnost mreže – stanja

<b>Dimenzija Interoperabilnost mreže</b>	
Početno stanje	Konvencionalna LAN mreža/e sa TCP IP protokolom
Srednje stanje	TCP IP, RFID ili neka od mreža kratkog dometa
Napredno stanje	Omogućeno povezivanje heterogenih mreža (TCP IP, mobilne, mreža kratkog dometa, RFID)

U okviru ove dimenzije ispituje se da li komunikacione mreže sa različitim protokolima mogu međusobno da komuniciraju.

### **3.2.2.11 Upravljanje mrežom**

Dimenzija Upravljanje mrežom odnosi se na nivo centralizovanosti upravljanja mrežom u organizaciji. U Tabeli 3.23 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.23: Dimenzija Upravljanje mrežom – stanja

<b>Dimenzija Upravljanje mrežom</b>	
Početno stanje	Upravljanje mrežom nije centralizovano
Srednje stanje	Neki delovi mreže imaju centralizovano upravljanje
Napredno stanje	Centralizovano upravljanje svim mrežama, moguće je udaljeno rekonfigurisanje mreže u slučaju kvara

Centralizovano upravljanje mrežom obezbeđuje brzo i lako rekonfigurisanje u slučaju potrebe, odnosno stabilniji i pouzdaniji rad mreže.

### **3.2.2.12 Logička sigurnost mreže**

Dimenzija Logička sigurnost mreže odnosi se na sigurnost mreže sa logičkog aspekta. U Tabeli 3.24 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.24: Dimenzija Logička sigurnost mreže – stanja

<b>Dimenzija Logička sigurnost mreže</b>	
Početno stanje	Elementarno administriranje
Srednje stanje	Naprednije administriranje (složeniji mehanizmi autentifikacije)
Napredno stanje	Svi mrežni servisi i uređaji su pravilno podešeni, uređaji se mogu napredno administrirati i ažurirati udaljeno, redovno se ažuriraju, podaci se loguju

U okviru ove dimenzije ispituje se nivo sofisticiranosti administriranja mreže, način ažuriranja softvera uređaja, način logovanja.

### **3.2.2.13 Fizička sigurnost mreže**

Dimenzija Fizička sigurnost mreže odnosi se na sigurnost mreže sa fizičkog aspekta. U Tabeli 3.25 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.25: Dimenzija Fizička sigurnost mreže – stanja

<b>Dimenzija Fizička sigurnost mreže</b>	
Početno stanje	Uređaji nisu fizički obezbeđeni
Srednje stanje	Uređaji su delimično fizički obezbeđeni
Napredno stanje	Svi mrežni uređaji su fizički su obezbeđeni

U okviru ove dimenzije ispituje se u kojoj meri su fizički zaštićeni mrežni uređaji.

### **3.2.2.14 Pokrivenost mrežom**

Dimenzija Pokrivenost mrežom odnosi se na nivo pokrivenosti komunikacionim mrežama u organizaciji. U Tabeli 3.26 prikazana su tri nivoa stanja ove dimenzije.

Tabela 3.26: Dimenzija Pokrivenost mrežom – stanja

<b>Dimenzija Pokrivenost mrežom</b>	
Početno stanje	Svi zaposleni koji koriste računar su povezani na računarsku mrežu
Srednje stanje	Svi zaposleni koji koriste računar su povezani na računarsku mrežu, neke zone su pokrivene bežičnim mrežama, RFID-om i sl.
Napredno stanje	Cela organizacija (zaposleni i prostor) je pokrivena odgovarajućim vrstama mreža: ethernet, bežične mreže, mreže kratkog dometa, mobilne mreže

U okviru ove dimenzije ispituje se u kojoj meri je organizacija pokrivena odgovarajućim komunikacionim mrežama.

## **3.2.3 Ispitivanje studenata**

Da bi se što tačnije odredila spremnost univerzitetskih kampusa za IoT, kao i mogućnosti planiranja i primene IoT projekata u kampusima, uz ispitivanje spremnosti same organizacije

bitno je testirati u kojoj meri su korisnici usluga kampusa – studenti - spremni za korišćenje ovakvih servisa. Takođe, ispitivanjem spremnosti studenata dobiće se odgovor na hipotezu broj dva ove disertacije. Spremnost studentske populacije testira se kroz tri dimenzije: informisanost o IoT-u, opremljenost za IoT i stava prema IoT servisima. Budući da je pojam “Internet stvari” (kao i engleska varijanta “Internet of Things”) relativno nepoznat široj javnosti, a sa željom da se što većih broj polaznika različitih studijskih programa uključi u anketu, u postavljenim pitanjima svesno je izbegnut taj pojam kako se ispitanici ne bi osećali nedovoljno kompetentnim za popunu upitnika. U nastavku je dat opis svake od ovih stavki.

### **3.2.3.1 Informisanost studenata o IoT-u**

Da bi se došlo do podatka o informisanosti studenata o IoT-u, izbegavajući pri tom sam termin IoT, studentima je ponuđen niz opšte poznatih pojmova iz svakodnevnog života koji su primeri IoT servisa. Pitanje i pojmovi su prikazani u Tabeli 3.27.

Tabela 3.27: Ispitivanje informisanosti studenata o IoT-u

<b>RB</b>	<b>Da li ste čuli za navedene pojmove? Označite odabrane:</b>
1.	servisi preko mobilnih telefona (npr. red vožnje vozova, autobusa, zauzetost parkinga, vremenska prognoza, servisne informacije, rezervisanje i kupovina ulaznica za neke događaje, navigacija, obaveštavanje o broju koji je na redu u nekoj službi)
2.	fitness uređaji/aplikacije
3.	virtuelna stvarnost
4.	pametne kuće
5.	pametni gradovi
6.	pametna prevozna sredstva
7.	pametna električna brojila i drugi pametni merni instrumenti
8.	servisi preko čipovanih kartica (plaćanje, kontrola ulaza, itd.)
9.	medicinski uređaji sa udaljenim nadzorom koje korisnik nosi sa sobom

Od studenata je zahtevano da označe pojmove koji su im poznati.

### 3.2.3.2 Opremljenost studenata za IoT

Da bi se došlo do podatka o opremljenosti studenata za IoT-u, izbegavajući pri tom sam termin IoT, studentima je ponuđen niz opšte poznatih uređaja iz svakodnevnog života koji mogu biti korišćeni za upotrebu različitih IoT servisa. Pitanje i uređaji su prikazani u Tabeli 3.28.

Tabela 3.28: Ispitivanje opremljenosti studenata za IoT

<b>RB</b>	<b>Da li ste posedujete neki/e od uređaja koji omogućavaju korišćenje usluga Interneta? Označite one koje posedujete:</b>
1.	pametni telefon
2.	fitnes uređaj (sat, narukvica)
3.	tablet
4.	laptop računar
5.	konzola za on-line igre
6.	pametni nakit (Ringlu, Pebble, ...)
7.	neprenosivi uređaji kao što su pametni televizori, wi-fi sijalice i wi-fi zvučnici u sobama, drugi mali pametni aparati, ekrani koji se nose na glavi (headsets)
8.	GPS navigacija

Od studenata je zahtevano da označe koje od navedenih uređaja poseduju.

### 3.2.3.3 Stav studenata prema IoT servisima

Da bi se došlo do podatka o stavu studenata prema IoT servisima, izbegavajući pri tom sam termin IoT, ispitanicima je prvo predložen niz IoT servisa koje svakodnevno već koriste u kampusu. Pitanje i stavovi su prikazani u Tabeli 3.29.

Tabela 3.29: Ispitivanje stava studenata prema IoT servisima

<b>RB</b>	<b>U Studentskom centru Novi Sad postoji nekoliko servisa: kontrola prolaza na ulazima u domove, skidanje obroka sa kartice u menzama – pomoću očitavanja studentske kartice, mogućnost udaljenog praćenja koji broj je na redu u službi smeštaja – preko aplikacije za mobilni telefon ili interneta. Kakav je Vaš stav prema ovakvim uslugama?</b>
1.	Nemam nikakav stav ni očekivanja
2.	Takve usluge nam nisu potrebne
3.	Potrebno je više takvih usluga u Studentskom centru
4.	Sasvim je dovoljno ovoliko usluga koliko imamo

Od studenata je zatim zahtevano da se opredele za jedan od ponuđenih stavova.

### 3.3 Upitnici i softverski alat

Poštujući korak Z4 „Konceptija transfera i evaluacije” usvojene metodologije razvoja prikazane u prvom potpoglavlju, kao transferni uređaji modela odabrani su upitnici i softverski alat. Na osnovu modela su definisani upitnici na osnovu kojih se zaključuju ocene o trenutnom stanju posmatranih dimenzija u organizaciji. Razvijena su tri upitnika: tehnološki, organizacioni i studentski (slika 3.2). Upitnici su detaljno prikazani u narednom poglavlju Testiranje modela, a evaluacija u petom poglavlju Analiza rezultata.

**Informisanost o IoT-u:**

1. Da li ste čuli za navedene pojmove? Označite odabrane:

- servisi preko mobilnih telefona (npr. red vožnje vozova, autobusa, zauzetost parkinga, vremenska prognoza, servisne informacije, rezervisanje i kupovina ulaznica za neke događaje, navigacija, obaveštavanje o broju koji je na redu u nekoj službi)
- fitness uređaji/aplikacije
- virtuelna stvarnost
- pametne kuće
- pametni gradovi
- pametna prevozna sredstva
- pametna električna brojila i drugi pametni merni instrumenti
- servisi preko čipovanih kartica (plaćanje, kontrola ulaza, itd.)
- medicinski uređaji sa udaljenim nadzorom koje korisnik nosi sa sobom

**Spremnost za IoT:**

2. Da li ste posedujete neki/e od uređaja koji omogućavaju korišćenje usluga Interneta? Označite one koje posedujete:

- pametni telefon
- fitnes uređaj (sat, narukvica)
- tablet
- laptop računari
- konzola za on-line igre
- pametni nakit (Ringlu, Pebble, ...)
- neprenosivi uređaji kao što su pametni televizori, wi-fi sijalice i wi-fi zvučnici u sobama, drugi mali pametni aparati, ekrani koji se nose na glavi (headsets),
- GPS navigacija

**Ocena stanja IoT-a u SC i očekivanja:**

U Studentskom centru Novi Sad postoji nekoliko servisa: kontrola prolaza na ulazima u domove, skidanje obroka sa kartice u menzama – pomoću očitavanja studentske kartice, mogućnost udaljenog praćenja koji broj je na redu u službi smeštaja – preko aplikacije za mobilni telefon ili interneta. Kakav je Vaš stav prema ovakvim uslugama?

- Nemam nikakav stav ni očekivanja
- Takve usluge nam nisu potrebne
- Potrebno je više takvih usluga u Studentskom centru
- Sasvim je dovoljno ovoliko usluga koliko imamo

Slika 3.2 Studentski upitnik KIoT modela

Kao pomoć u primeni metode razvijen je softverski alat koji omogućava jednostavno generisanje izveštaja sa ocenama spremnosti organizacije za IoT – slika 3.3.



## Upitnik

Naziv upitnika:

Tip upitnika:

Datum:

Dimenzija	Početno	Srednje	Napredno	Zaključna ocena	Datum ankete
1. Strategija					
2. Liderstvo					
3. Organizaciona struktura					
4. IoT tim					
5. Sistem nagrađivanja					
6. Deljenje znanja					
7. Vrednovanje IKT) u organizaciji					
8. Digitalizacija poslovanja					
9. Klijenti					
10. Analitika					
*					

Record: 1 of 10 No Filter Search

Slika 3.3 Softverski alat za podršku KIoT-u

Razvijeni alat omogućava unos podataka dobijenih anketiranjem relevantnih subjekata upitnicima KIoT-a. Nakon toga mogu se automatski generisati izveštaji sa ocenama po kategorijama, potkategorijama, dimenzijama, kao i prikaz rezultata studentskih upitnika. Na slici 3.4 je prikazan izveštaj ocena po potkategorijama.



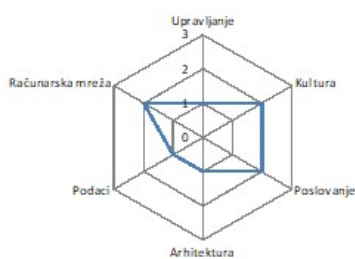
REZULTATI ANKETE STUDENTSKI CENTAR NOVI SAD - MAJ 2018  
OCENA PO POTKATEGORIJAMA

Kategorija: Organizacija

Potkategorija:	Ocena
Upravljanje	Početno
Kultura	Srednje
Poslovanje	Srednje

Kategorija: Tehnologija

Potkategorija:	Ocena
Arhitektura	Početno
Podaci	Početno
Računarska mreža	Srednje



Slika 3.4 Izveštaj po potkategorijama

Pregled rezultata dobijen na osnovu ovih izveštaja je dat u narednom poglavlju koje prikazuje rezultate testiranja.

#### 4. TESTIRANJE KIoT MODELA

Da bi se proverila validnost razvijenog modela, KIoT je testiran u Studentskom centru Novi Sad (SCNS) – anketirani su relevantni zaposleni SCNS i studenti, stanari domova SCNS kao korisnici njegovih usluga.

SCNS je druga po veličini ustanova studentskog standarda u Republici Srbiji, a najveća u Autonomnoj pokrajini Vojvodini. Zapošljava oko 370 zaposlenih raspoređenih u 6 sektora: sektor smeštaja, sektor ishrane, sektor finansijsko računovodstvenih poslova, sektor tehničkih poslova, sektor pravnih poslova i sektor ugostiteljstva. Kapacitet za smeštaj studenata iznosi 3.064 mesta raspoređenih u 10 studenstskih domova, od kojih su 8 u Novom Sadu, a po jedan u Somboru i Zrenjaninu. Osim smeštaja, oko 7.000 studenata svakodnevno koristi uslugu ishrane u 3 restorana. Na osnovu ponuđenih kapaciteta u „Konkursu za prijem studenata visokoškolskih ustanova u Republici Srbiji u ustanove za smeštaj i ishranu studenata za školsku 2018/2019. godinu” vidi se da SCNS nosi približno 20% smeštajnih kapaciteta na nivou Republike. Osim toga, SCNS je najveća ustanova za smeštaj studenata sa *centralizovanom* službom smeštaja (u Studentskom centru Beograd veći deo poslova oko prijema dokumentacije i rangiranja je delegiran matičnim fakultetima studenata). Zbog svega navedenog procenjeno je da je SCNS odgovarajući i reprezentativan uzorak za testiranje KIoT modela.

Za potrebe testiranja, a na osnovu KIoT modela, razvijeni su upitnici za ispitivanje Organizacione i Tehnološke kategorije, kao i jedinstveni upitnik za studente. Testiranje je sprovedeno u maju 2018. godine a dobijeni rezultati su prikazani u narednim potpoglavljima.

Ispitanici koji su popunjavali upitnik, kako zaposleni, tako i stanari studentskih domova, tretirani su u potpunosti u skladu sa „Kodeksom o akademskom integritetu Univerziteta u Novom Sadu” [47].

#### **4.1 TESTIRANJE ORGANIZACIONOG UPITNIKA**

U okviru Organizacionog upitnika nalaze se za IoT relevantne karakteristike koje se odnose na organizaciju, kulturu i način poslovanja organizacije. Ukupno je definisano deset dimenzija. Za svaku od dimenzija definisana su tri stanja koja odgovaraju početnom, srednjem i naprednom nivou posmatrane dimenzije u odnosu na zahteve IoT-a. Ukoliko je podjednak broj odgovora za neka od tri stanja zaključuje se niža ocena za posmatranu dimenziju.

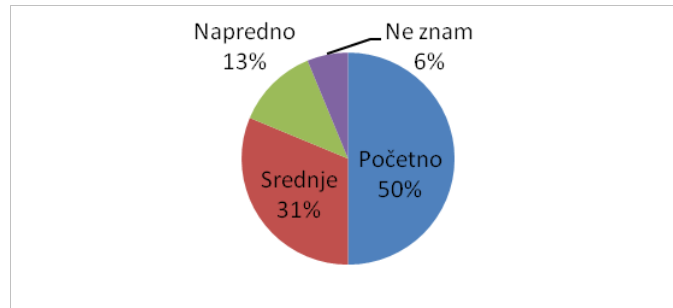
Odabir ispitanika za Organizacioni upitnik je vršen po 2 kriterijuma: da budu na rukovodećim funkcijama i da svi relevantni sektori i službe SCNS budu zastupljeni. Rukovodeća mesta su potrebna jer se od tih kadrova očekuje da imaju uvid u celinu poslovnih procesa i jasniju perspektivu kako se oni odvijaju. Zastupljenost svih sektora i službi je zahtevana da bi ocenjivanjem bio obuhvaćen što veći broj poslovnih procesa u SCNS.

Popunjavanje upitnika je organizovano na dva načina: papirni upitnik na grupnoj sesiji, a za one koji nisu mogli da prisustvuju sesiji omogućena je popuna upitnika preko web ankete. Grupna sesija je organizovana sa ciljem da se ispitanici upoznaju sa terminom IoT jer je pretpostavljeno da je on nepoznat ispitanicima, bez obzira što velika većina koristi razne IoT servise. Ovo se ispostavilo kao tačno, a ispitanici koji nisu prisustvovali grupnoj sesiji su se pre popune upitnika raspitali šta je IoT.

Ankete su popunjavane anonimno, pri čemu je vođeno računa da predstavnici svih relevantnih sektora SCNS-a budu zastupljeni, pa su tako upitnik popunili predstavnici sektora smeštaja, održavanja (kojoj, pored ostalih, pripada i IT služba), pravne službe i finansija. Anketiranje je obavljeno u periodu od 24. do 31. maja 2018. godine, i obustavljeno je kada je realizovan dovoljan broj ispitanika koji su ispunili postavljene kriterijume. Upitnik je popunjen od strane 16 ispitanika. Rezultati SCNS-a dobijeni na osnovu Organizacionog upitnika za svaku dimenziju su prikazani u nastavku.

#### 4.1.1 Rezultat dimenzije IoT strategija u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije IoT Strategija se meri stanje organizacije po pitanju definisanosti IoT strategije i odnosa organizacije prema strateškom pristupu IoT-u. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.1.

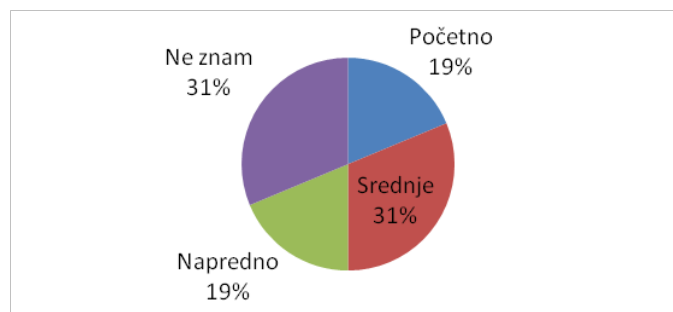


Slika 4.1 rezultati dimenzije IoT strategija u SCNS

Na osnovu odgovora ispitanika, SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju IoT strategija, odnosno nema je.

#### 4.1.2 Rezultat dimenzije Liderstvo u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Liderstvo se vrednuje odnos višeg menadžmenta u odnosu na IoT, ispituje se na koji način oni predvode uvođenje IoT u poslovne procese. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.2.

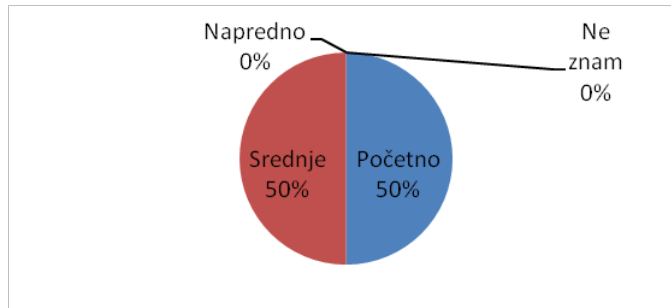


Slika 4.2 Rezultati dimenzije Liderstvo u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Liderstvo, odnosno viši menadžment podstiče IoT projekte i obezbeđuje neophodna sredstva za njihovu realizaciju.

#### 4.1.3 Rezultat dimenzije Organizaciona struktura u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Organizaciona struktura vrednuje se u kojoj meri je organizaciona struktura organizacije pogodna za primenu IoT-a. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.3.

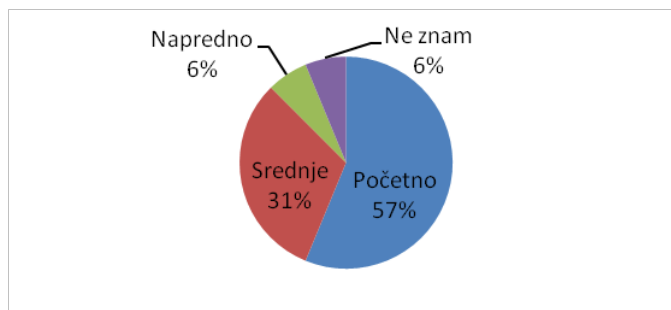


Slika 4.3 Rezultati dimenzije Organizaciona struktura u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju Organizaciona struktura, odnosno sektori su strogo podeljeni, i komunikacija između njih je kruta i formalizovana. Pošto je broj glasova podeljen između početnog i srednjeg stanja, usvojena je niže ocena na osnovu unapred definisanog pravila.

#### 4.1.4 Rezultat dimenzije IoT tim u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije IoT tim se ocenjuje u kojoj meri sastav IoT tima pokriva za IoT relevantne oblasti, kao i iskustvo u tim oblastima. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.4.

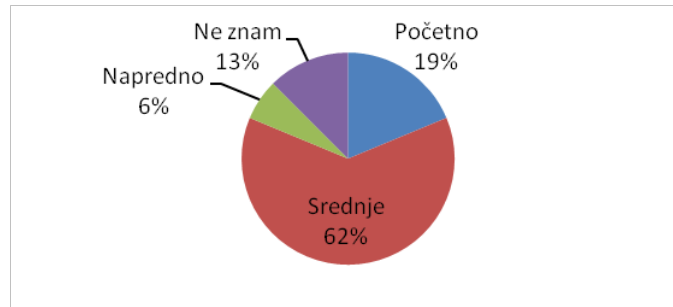


Slika 4.4 Rezultati dimenzije IoT tim u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju IoT tim, odnosno IoT-om se bavi služba informacionih tehnologija, bez mnogo iskustva sa IoT-om.

#### 4.1.5 Rezultat dimenzije Sistem nagrađivanja u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Sistem nagrađivanja se ocenjuje u kojoj meri sistem nagrađivanja podstiče timski rad. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.5.

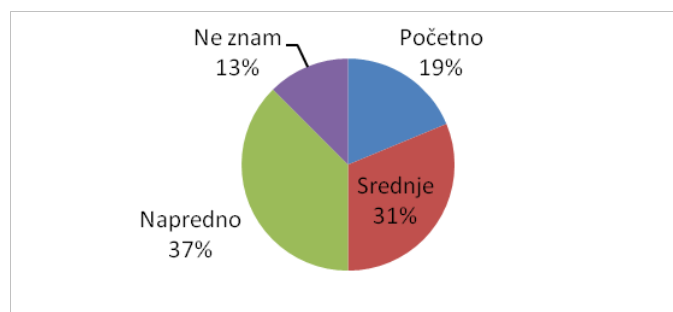


Slika 4.5 Rezultati dimenzije Sistem nagrađivanja u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Sistem nagrađivanja, odnosno postoje slučajevi nagrađivanja prema rezultatima tima.

#### 4.1.6 Rezultat dimenzije Deljenje znanja u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Deljenje znanja se ocenjuje odnos i način koji organizacija ima prema deljenju znanja. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.6.

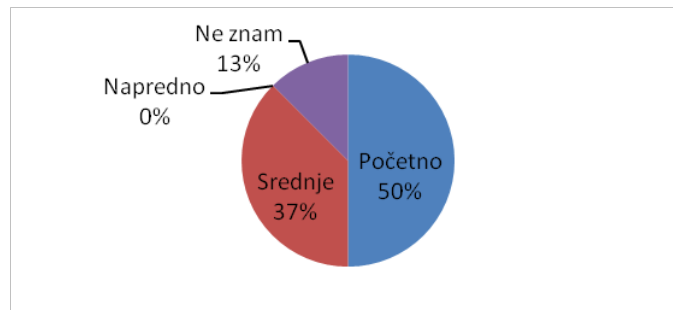


Slika 4.6 Rezultati dimenzije Deljenje znanja u SCNS

SCNS je u naprednom stanju u odnosu na dimenziju Deljenje znanja, odnosno ono je prisutno i formalizovano kroz tačno definisane procedure.

#### 4.1.7 Rezultat dimenzije Vrednovanje IKT u SCNS

Ocnjivanjem dimenzije Vrednovanje IKT u organizaciji se ocenjuje način na koji organizacija reaguje na promene koje nastaju uvođenjem informaciono komunikacionih tehnologija u poslovanje. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.7.

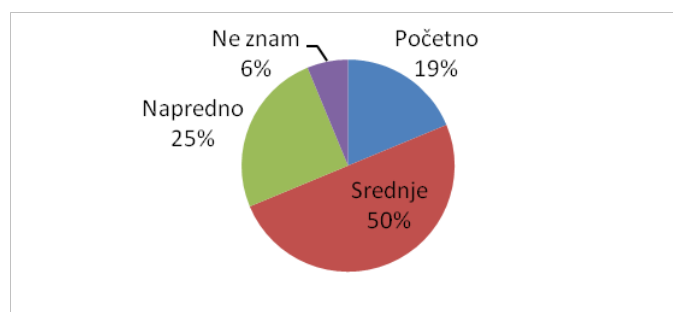


Slika 4.7 Rezultati dimenzije Vrednovanje IKT u organizaciji u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju Vrednovanje IKT u organizaciji, odnosno promene procesa koje nastaju uvođenjem IKT su spore i odvijaju se uz teškoće.

#### 4.1.8 Rezultat dimenzije Digitalizacija poslovanja u SCNS

Ocnjivanjem dimenzije Digitalizacija poslovanja se ocenjuje nivo digitalizovanosti poslovnih procesa u organizaciji. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.8.

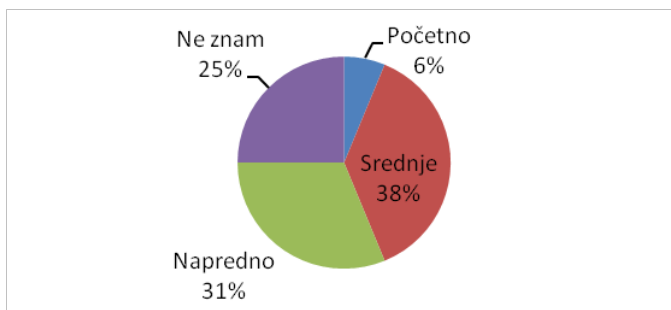


Slika 4.8 Rezultati dimenzije Digitalizacija poslovanja u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Digitalizacija poslovanja, odnosno ima pojedine digitalizovane procese u dužem periodu (preko jedne godine).

#### 4.1.9 Rezultat dimenzije Klijenti u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Klijenti se ocenjuju spremnost, informisanost i očekivanja korisnika usluga organizacije. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani na slici 4.9.

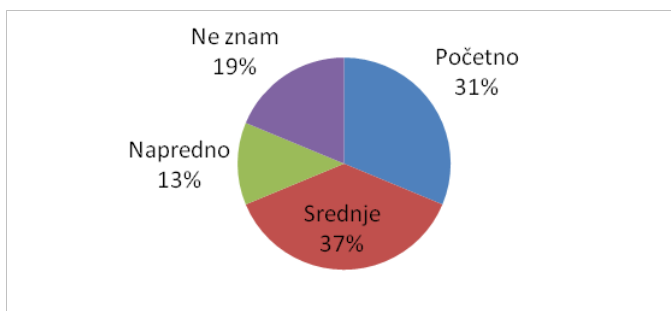


Slika 4.9 Rezultati dimenzije Klijenti u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Klijenti, odnosno klijenti su solidno tehnički opremljeni i imaju neka iskustva u primeni IoT usluga.

#### 4.1.10 Rezultat dimenzije Analitika u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Analitika se ispituje da li se analitika radi, kojim alatima, da li se odluke donose u zavisnosti od rezultata analitike, kao i kompetentnost i iskustvo tima koji se bavi analitikom. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani na slici 4.10.



Slika 4.10 Rezultati dimenzije Analitika u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Analitika, odnosno analitika se redi redovno, generišu se izveštaji koji su lako dostupni i predstavljaju podlogu za planiranje i preduzimanje akcija.



## 4.2 REZULTATI TEHNOLOŠKOG UPITNIKA

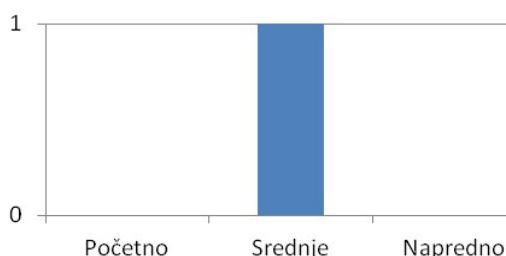
U okviru Tehnološkog upitnika nalaze se za IoT relevantne karakteristike koje se odnose na tehnološki aspekt IoT-a i razmatraju se segmenti kao što su arhitektura IoT sistema, prikupljanje i rukovanje IoT podacima, i računarska mreža organizacije. Ukupno je definisano četrnaest dimenzija. Za svaku od dimenzija definisana su tri stanja koja odgovaraju početnom, srednjem i naprednom nivou posmatrane dimenzije u odnosu na zahteve IoT-a.

U tehnološkom upitniku se ispituje da li se neka tehnološka komponenta primenjuje ili ne, a odgovori na pitanja treba da odslikavaju činjenično stanje. Zato je odlučeno da bude popunjen jedan upitnik na grupnoj sesiji na kojoj prisustvuju predstavnici IT službe, i eventualno, predstavnici dobavljača usluga koje SCNS koristi, a koje su relevantne za popunjavanje upitnika (dobavljači Internet usluga, mrežnih servisa, usluga mobilne telefonije, i dr.).

Na opisani način je formirana grupa koji su činili članovi IT službe i kompetentni predstavnici dobavljača usluga razvoja i održavanja računarske mreže. Upitnik je popunjen kroz diskusiju prisutnih na sesiji održanoj 25. maja 2018. godine u prostorijama SCNS. Rezultati SCNS-a dobijeni na osnovu Tehnološkog upitnika za svaku dimenziju su prikazani u nastavku.

### 4.2.1 Rezultat dimenzije Kloud aplikacije u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Kloud aplikacije se ispituje se da li se u organizaciji koriste kloud aplikacije i da li je kloud u nadležnosti organizacije. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.11.

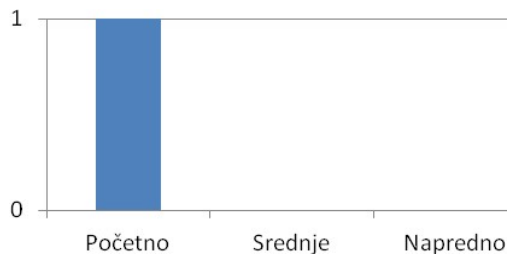


Slika 4.11 Rezultati dimenzije Kloud aplikacije u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Kloud aplikacije, odnosno kloud aplikacije se koriste ali kloud nije u nadležnosti organizacije.

#### 4.2.2 Rezultat dimenzije Integracija - midlver u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Integracija - midlver se ispituje se u kojoj meri i na koji rok se planira integracija različitih delova IoT sistema. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.12.

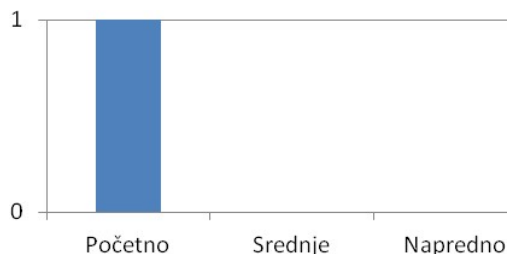


Slika 4.12 Rezultati dimenzije Integracija - midlver u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju Integracija - midlver, plan integracije ne postoji, a o integraciji se razmišlja ad hoc prilikom dodavanja novih delova sistema.

#### 4.2.3 Rezultat dimenzije Skalabilnost sistema u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Skalabilnost sistema se ispituje se u kojoj meri se planira sposobnost rada sistema u slučaju povećanih potreba za po pitanju funkcionalnosti sistema, količine podataka, mrežnih protokola, zahteva analitike. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.13.

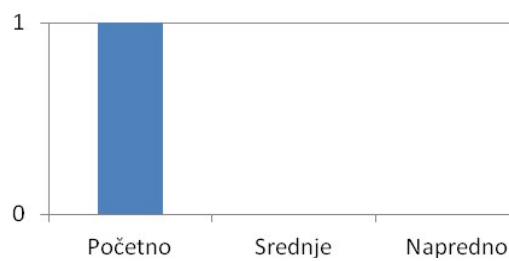


Slika 4.13 Rezultati dimenzije Skalabilnost sistema u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju Skalabilnost sistema, odnosno, prilikom razvoja IoT projekata razmatraju se samo tekuće potrebe po pitanju platforme, skladištenja podataka, brzine protoka i potreba analitike.

#### 4.2.4 Rezultat dimenzije IoT Referentna arhitektura u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije IoT Referentna arhitektura se ispituje se da li se u organizaciji primenjuje neka od poznatih i prihvaćenih IoT referentnih arhitektura. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani na slici 4.14.

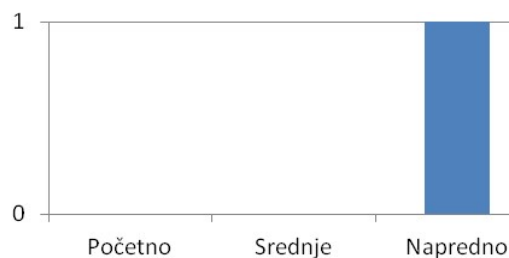


Slika 4.14 Rezultati dimenzije IoT Referentna arhitektura u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju IoT Referentna arhitektura, odnosno, ne koristi se nijedna od poznatih referentnih arhitektura.

#### 4.2.5 Rezultat dimenzije IoT uređaji u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije IoT uređaji se ispituje se da li se u organizaciji koriste uređaji tipični za IoT: senzori, aktuatori, TAG-ovi. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.15.

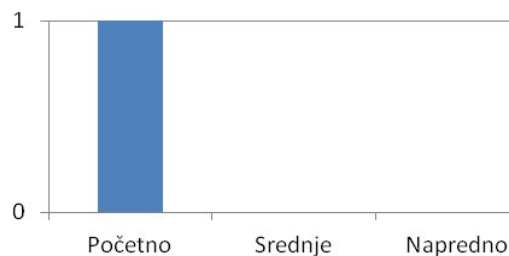


Slika 4.15 Rezultati dimenzije IoT uređaji u SCNS

SCNS je u naprednom stanju u odnosu na dimenziju IoT uređaji, odnosno, neki od uređaja postoje u dužem periodu (preko šest meseci).

#### 4.2.6 Rezultat dimenzije Prikupljanje podataka u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Prikupljanje podataka se ispituje se koliki je broj različitih izvora IoT podataka u organizaciji. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.16.

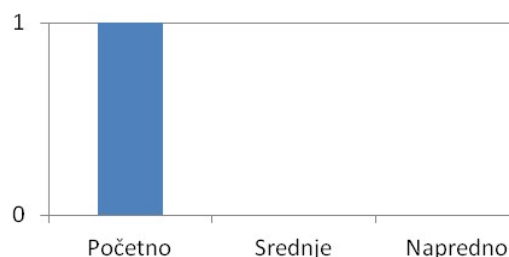


Slika 4.16 Rezultati dimenzije Prikupljanje podataka u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju Prikupljanje podataka, odnosno, ima od nula do dva različita izvora.

#### 4.2.7 Rezultat dimenzije Čuvanje podataka u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Čuvanje podataka se ispituje se pogodnost postojećih skladišta podataka u organizaciji za IoT. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.17.

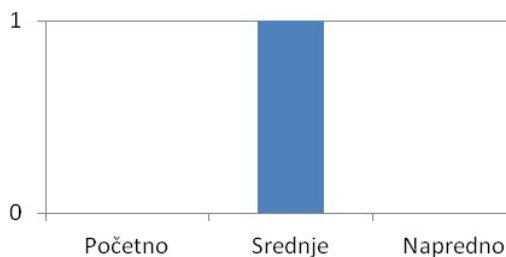


Slika 4.17 Rezultati dimenzije Čuvanje podataka u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju Čuvanje podataka, odnosno postoje samo konvencionalne relacije baze podataka.

#### 4.2.8 Rezultat dimenzije Kvalitet podataka u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Kvalitet podataka se ispituje se tačnost, konzistentnost, kompletnost i pravovremenost podataka prikupljenih u organizaciji. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.18.

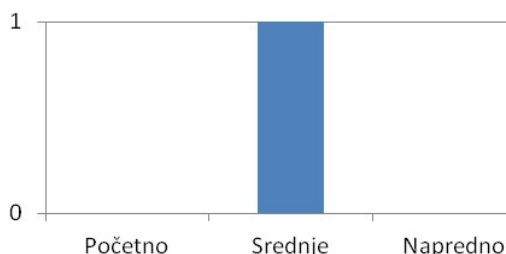


Slika 4.18 Rezultati dimenzije Kvalitet podataka u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Kvalitet podataka, odnosno kvalitet podataka se kontroliše povremeno, često je potrebno vršiti naknadne dorade podataka zbog nedostataka.

#### 4.2.9 Rezultat dimenzije Sigurnost podataka u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Sigurnost podataka se ispituju se mere koje se preduzimaju u organizaciji radi očuvanja privatnosti i sprečavanja zloupotrebe podataka. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.19.

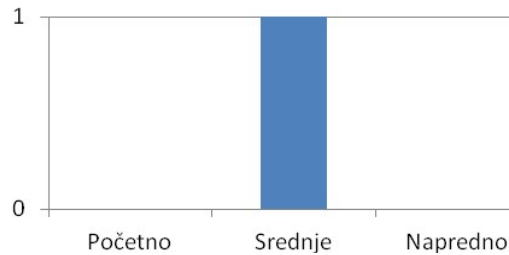


Slika 4.19 Rezultati dimenzije Sigurnost podataka u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Sigurnost podataka, odnosno o sigurnosti podataka se vodi računa prilikom razvoja sistema, koriste se napredni mehanizmi autentifikacije i autorizacije.

#### 4.2.10 Rezultat dimenzije Interoperabilnost mreže u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Interoperabilnost mreže se ispituje se nivo mogućnosti komunikacije različitih vrsta komunikacionih mreža u organizaciji. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.20.

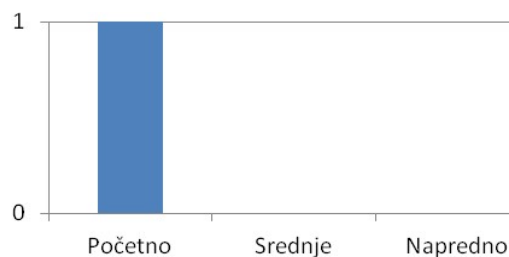


Slika 4.20 Rezultati dimenzije Interoperabilnost mreže u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Interoperabilnost mreže, postoje različiti komunikacioni protokoli koji međusobno razmenjuju podatke.

#### 4.2.11 Rezultat dimenzije Upravljanje mrežom u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Upravljanje mrežom se ispituje se nivo centralizovanosti upravljanja mrežom u organizaciji. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.21.

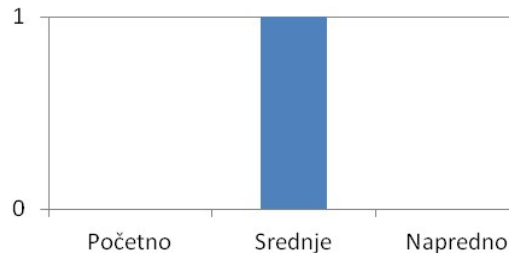


Slika 4.21 Rezultati dimenzije Upravljanje mrežom u SCNS

SCNS je u početnom stanju u odnosu na dimenziju Upravljanje mrežom, odnosno upravljanje mrežom nije centralizovano.

#### 4.2.12 Rezultat dimenzije Logička sigurnost mreže u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Logička sigurnost mreže se ispituje sigurnost mreže sa logičkog aspekta, administriranje, ažuriranje uređaja, logovanje u organizaciji. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.22.

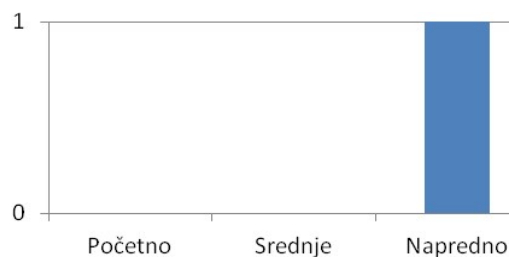


Slika 4.22 Rezultati dimenzije Logička sigurnost mreže u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Logička sigurnost mreže, odnosno koristi se naprednije administriranje.

#### 4.2.13 Rezultat dimenzije Fizička sigurnost mreže u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Fizička sigurnost mreže se ispituje sigurnost mreže sa fizičkog aspekta, u kojoj meri su fizički zaštićeni mrežni uređaji. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.23.

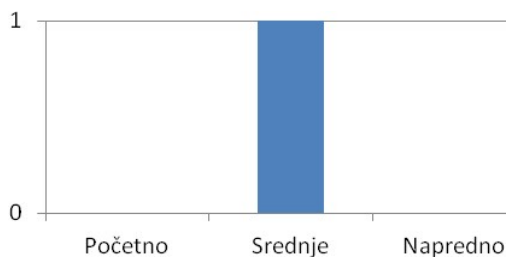


Slika 4.23 Rezultati dimenzije Fizička sigurnost mreže u SCNS

SCNS je u naprednom stanju u odnosu na dimenziju Fizička sigurnost mreže, odnosno svi mrežni uređaji su fizički obezbeđeni.

#### 4.2.14 Rezultat dimenzije Pokrivenost mrežom u SCNS

Ocenjivanjem dimenzije Pokrivenost mrežom se ispituje u kojoj meri je organizacija pokrivena komunikacionim mrežama. Rezultati dobijeni na osnovu odgovora ispitanika prikazani su na slici 4.24.



Slika 4.24 Rezultati dimenzije Pokrivenost mrežom u SCNS

SCNS je u srednjem stanju u odnosu na dimenziju Pokrivenost mrežom, odnosno svi zaposleni koji koriste računar su povezani na računarsku mrežu, neke zone su pokrivene bežičnim mrežama, RFID-om, i sl.

#### 4.3 REZULTATI PO POTKATEGORIJAMA

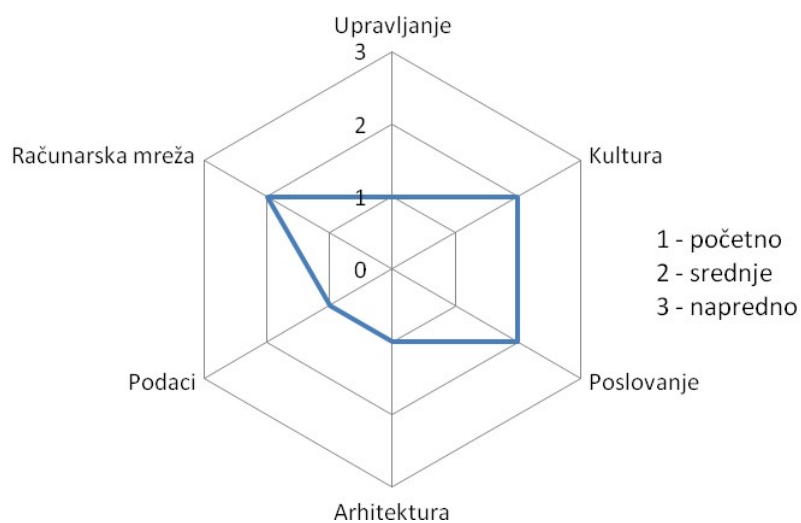
Dimenzije koje su prikazane u prethodna dva poglavlja grupisane su u šest potkategorija radi lakšeg razumevanja i dobijanja rezultata po segmentima. Potkategorije, sa pripadajućim dimanzijama, su:

1. Upravljanje
  - a. Strategija - početno stanje
  - b. Liderstvo – srednje stanje
  - c. Organizaciona struktura – početno stanje
  - d. IoT tim – početno stanje
2. Kultura
  - a. Sistem nagrađivanja – srednje stanje
  - b. Deljenje znanja – napredno stanje
  - c. Vrednovanje IKT u organizaciji – početno stanje
3. Poslovanje
  - a. Digitalizacija poslovanja – srednje stanje
  - b. Klijenti – srednje stanje
  - c. Analitika – srednje stanje



4. Arhitektura
  - a. Klud aplikacije – srednje stanje
  - b. Integracija – midlver – početno stanje
  - c. Skalabilnost sistema – početno stanje
  - d. IoT Referentna arhitektura – početno stanje
  - e. IoT uređaji – napredno stanje
5. Podaci
  - a. Prikupljanje podataka – početno stanje
  - b. Čuvanje podataka – početno stanje
  - c. Kvalitet podataka - srednje stanje
  - d. Sigurnost podataka – srednje stanje
6. Računarska mreža
  - a. Interoperabilnost mreže – srednje stanje
  - b. Upravljanje mrežom – početno stanje
  - c. Logička sigurnost mreže – srednje stanje
  - d. Fizička sigurnost mreže – napredno stanje
  - e. Pokrivenost mrežom – srednje stanje

Zaključna ocena potkategorije je izvedena na osnovu ocena dimenzija, u slučaju da je skor više ocena isti zaključuje se niža ocena za potkategoriju, slika 4.25.



Slika 4.25 Rezultati po potkategorijama u SCNS

Uz zaključnu ocenu predstavlja se i opis stanja potkategorije koji odgovara opisima stanja pojedinačnih dimenzija, tabela 4.1.

Tabela 4.1 Opis stanja potkategorija

<b>Potkategorija: Upravljanje</b>	<b>Opis stanja</b>
Strategija - početno stanje	Ne postoji definisana IoT strategija, postoje izolovani IoT projekti, ili ništa.
Liderstvo – srednje stanje	Viši menadžment podstiče IoT projekte, obezbeđuje neophodna sredstva za realizaciju.
Organizaciona struktura – početno stanje	Sektori su strogo podeljeni, komunikacija između njih je kruta i formalizovana.
IoT tim – početno stanje	IT sektor, bez mnogo iskustva sa IoT-om.
<b>Potkategorija: Kultura</b>	
Sistem nagrađivanja – srednje stanje	Postoje slučajevi nagrađivanja prema rezultatima tima.
Deljenje znanja – napredno stanje	Deljenje znanja je formalizovano kroz tačno definisane procedure.
Vrednovanje IKT u organizaciji – početno stanje	Promene procesa koje nastaju uvođenjem IKT su spore i odvijaju se uz teškoće.
<b>Potkategorija: Poslovanje</b>	
Digitalizacija poslovanja – srednje stanje	Organizacija ima pojedine digitalizovane procese, usluge, servise u dužem periodu (preko jedne godine).
Klijenti – srednje stanje	Klijenti su solidno tehnički opremljeni za IoT projekte, imaju neka iskustva u primeni.
Analitika – srednje stanje	Analiza podataka se radi redovno, generišu se izveštaji koji su lako dostupni i predstavljaju podlogu za planiranje i preduzimanje akcija.
<b>Potkategorija: Arhitektura</b>	
Klaud aplikacije – početno stanje	Postoje, ali klaud nije u nadležnosti organizacije (baze ministarstava i sl.).
Integracija – midlver – početno stanje	Ne postoji plan integracije, o integraciji se razmišlja ad hok prilikom dodavanja novih delova sistema.
Skalabilnost sistema – početno stanje	Prilikom razvoja IoT projekata razmatraju se tekuće potrebe po pitanju IoT platforme, skladištenja podataka, brzine protoka, potreba analitike.
IoT Referentna arhitektura – početno stanje	Ne koristi se IoT Referentna arhitektura.
IoT uređaji – napredno stanje	Postoje neki od uređaja u dužem periodu (preko 6 meseci).

Tabela 4.1 Opis stanja potkategorija - nastavak

<b>Potkategorija: Podaci</b>	
Prikupljanje podataka – početno stanje	0-2 izvora IoT podataka.
Čuvanje podataka – početno stanje	Relacione baze podataka – unapred definisana šema koju je teško menjati naknadno, podaci su strukturirani, pogodni su za transakcionu obradu podataka.
Kvalitet podataka - srednje stanje	Kvalitet podataka se kontroliše povremeno, neophodno je vršiti naknadne dorade zbog nedostataka.
Sigurnost podataka – srednje stanje	O sigurnosti podataka se vodi računa prilikom razvoja sistema, napredni mehanizmi autentifikacije i autorizacije.
<b>Potkategorija: Mreža</b>	
Interoperabilnost mreže – srednje stanje	TCP IP, RFID ili neka od mreža kratkog dometa.
Upravljanje mrežom – početno stanje	Upravljanje mrežom nije centralizovano.
Logička sigurnost mreže – srednje stanje	Naprednije administriranje.
Fizička sigurnost mreže – napredno stanje	Svi mrežni uređaji su fizički su obezbeđeni.
Pokrivenost mrežom – srednje stanje	Svi zaposleni koji koriste računar su povezani na računarsku mrežu, neke zone su pokrivene bežičnim mrežama, RFID-om i sl.

Na ovaj način je lakše uočiti segmente koji mogu biti barijera u primeni IoT-a.

#### 4.4 REZULTATI STUDENTSKOG UPITNIKA

U okviru studentskog upitnika ispitivane su tri stvari: informisanost o IoT-u, opremljenost za IoT, i stav studenata prema IoT servisima. Pri tome je u postavljenim pitanjima svesno izbegnut pojam “Internet stvari” (kao i engleska varijanta “Internet of Things”) zbog već pomenutog razloga: da se ispitanici koji nisu čuli za termin ne bi osećali nekompetetnim za popunu upitnika. Upitnik je generisan na Google Forms. Molba za popunu upitnika je poslana na oko 2.200 raspoloživih email adresa studenata, stanara domova SCNS. U periodu od 18. maja do 4. juna 2018. godine dobijeno je 604 odgovora na svako od postavljenih pitanja. Anketa bila je anonimna. Budući da ispitivanje spremnosti stanara u sklopu ovog istraživanja, orijentisanog pre svega na tehničke aspekte spremnosti stanara za primenu IoT servisa u

univerzitetским kampusima, nije uslovljeno rodno, kao ni odabranim profilom studija, a težeci da upitnik sadrži samo za istraživanje minimalan broj neophodnih informacija, upitnik ne sadrži podatke o polu, studijskom programu, starosti, nivou studija, kao ni bilo koje druge demografske karakteristike. U nastavku su prikazani dobijeni rezultati za svaku od tri ispitivane karakteristike.

#### 4.4.1 Rezultat ispitivanja informisanosti studenata o IoT-u

Da bi se došlo do podatka o informisanosti studenata o IoT-u, izbegavajući pri tom sam termin IoT, studentima je ponuđen niz opšte poznatih pojmova iz svakodnevnog života koji su primeri IoT servisa. Na pitanje „Da li ste čuli za navedene pojmove? Označite odabrane:” dobijeni su rezultati prema Tabeli 4.2.

Tabela 4.2: Rezultati ispitivanja informisanosti studenata o IoT-u

RB	Pojam	Potvrđan odgovor	Procenat
1.	servisi preko mobilnih telefona (npr. red vožnje vozova, autobusa, zauzetost parkinga, vremenska prognoza, servisne informacije, rezervisanje i kupovina ulaznica za neke događaje, navigacija, obaveštavanje o broju koji je na redu u nekoj službi)	579	95,86%
2.	fitness uređaji/aplikacije	516	85,43%
3.	virtuelna stvarnost	398	65,89%
4.	pametne kuće	358	59,27%
5.	pametni gradovi	204	33,77%
6.	pametna prevozna sredstva	354	58,61%
7.	pametna električna brojila i drugi pametni merni instrumenti	272	45,03%
8.	servisi preko čipovanih kartica (plaćanje, kontrola ulaza, itd.)	495	81,95%
9.	medicinski uređaji sa udaljenim nadzorom koje korisnik nosi sa sobom	298	49,34%

Diskusija dobijenih rezultata prikazana je u narednom poglavlju.

#### 4.4.2 Rezultat ispitivanja opremljenosti studenata za IoT

Da bi se došlo do podatka o opremljenosti studenata o IoT-u, izbegavajući pri tom sam termin IoT, studentima je ponuđen niz opšte poznatih uređaja iz svakodnevnog života koji omogućavaju korišćenje različitih IoT servisa. Na pitanje „Da li ste posedujete neki/e od uređaja koji omogućavaju korišćenje usluga Interneta? Označite one koje posedujete:” dobijeni su rezultati prema Tabeli 4.3.

Tabela 4.3: Rezultati ispitivanja opremljenosti studenata za IoT

RB	Uređaj	Potvrđan odgovor	Procenat
1.	pametni telefon	585	96,85%
2.	fitnes uređaj (sat, narukvica)	40	6,62%
3.	Tablet	166	27,48%
4.	laptop računar	579	95,86%
5.	konzola za on-line igre	26	4,30%
6.	pametni nakit (Ringlu, Pebble, ...)	4	0,66%
7.	neprenosivi uređaji kao što su pametni televizori, wi-fi sijalice i wi-fi zvučnici u sobama, drugi mali pametni aparati, ekrani koji se nose na glavi (headsets)	133	22,02%
8.	GPS navigacija	39	6,46%

Diskusija dobijenih rezultata prikazana je u narednom poglavlju.

#### 4.4.3 Rezultat ispitivanja stava studenata prema IoT servisima

Da bi se došlo do podatka o stavu studenata prema IoT servisima, izbegavajući pri tom sam termin IoT, studentima je predložen niz IoT servisa koje svakodnevno koriste u SCNS, a zatim su pitani da se opredele za stav u odnosu na takve servise. Na pitanje „U Studentskom centru Novi Sad postoji nekoliko servisa: kontrola prolaza na ulazima u domove, skidanje obroka sa kartice u menzama – pomoću očitavanja studentske kartice, mogućnost udaljenog praćenja koji broj je na redu u službi smeštaja – preko aplikacije za mobilni telefon ili

interneta. Kakav je Vaš stav prema ovakvim uslugama?" dobijeni su rezultati prema Tabeli 4.4.

Tabela 4.4: Rezultati ispitivanja opremljenosti studenata za IoT

<b>RB</b>	<b>Stav</b>	<b>Broj odgovora</b>	<b>Procenat</b>
1.	Nemam nikakav stav ni očekivanja	40	6,62%
2.	Takve usluge nam nisu potrebne	6	0,99%
3.	Potrebno je više takvih usluga u Studentskom centru	403	66,72%
4.	Sasvim je dovoljno ovoliko usluga koliko imamo	155	25,66%

Diskusija dobijenih rezultata prikazana je u narednom poglavlju.

## **5. DISKUSIJA REZULTATA TESTIRANJA KIoT MODELA**

U ovom poglavlju su diskutovani rezultati dobijeni testiranjem KIoT modela u Studentskom centru Novi Sad (SCNS). Na osnovu odabrane metodologije razvoja modela za ocenu spremnosti prikazane u poglavlju tri, nakon razvoja modela sledi evaluacija modela (Z3 korak u metodologiji). Kako se navodi u metodologiji, razvijeni model treba testirati na efektivnost, sveobuhvatnost i konzistentnost [14], i time odrediti rezultat hipoteze H1 ove disertacije koja tvrdi da je moguće razviti model za ocenu spremnosti studentskih kampusa za IoT. Nakon diskusije rezultata testiranja modela, data je diskusija rezultata studentskog upitnika koja ocenjuje spremnost studenata – stanara studentskih domova – za IoT, kroz koju je određen ishod hipoteze H2 ove disertacije koja tvrdi da su stanari studentskih kampusa spremni za IoT.

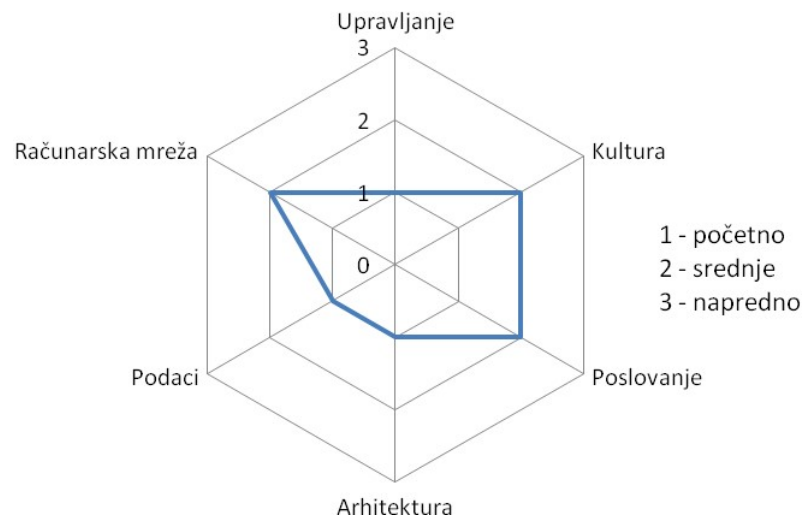
### **5.1 EVALUACIJA KIoT MODELA**

Kako je navedeno u uvodnom delu, evaluacija modela obuhvata testiranje efektivnosti, sveobuhvatnosti i konzistentnosti modela. Pod ocenom efektivnosti modela se evaluira u kojoj meri model ispunjava postavljeni cilj, odnosno daje tačnu ocenu stanja spremnosti organizacije za IoT. U okviru ispitivanja sveobuhvatnosti se ispituje da li metoda pokriva sve za IoT relevantne dimenzije. I konačno, ispitivanjem konzistentnosti se model i rezultati dobijeni testiranjem proveravaju na doslednost i logičnost.

#### **5.1.1 Efektivnost KIoT modela**

Cilj KIoT modela je ocena spremnosti studentskih kampusa za IoT. Sam KIoT model je razvijen tako što se pregledom literature i upoznavanjem sa funkcionisanjem studentskih kampusa

utvrdilo koje su dimenzije IoT-a relevantne za takav tip organizacije. Pod efektivnošću modela će se smatrati mera tačnosti u kojoj rezultat organizacije dobijen testiranjem KIoT modela odslikava stvarno stanje posmatrane organizacije. Stvarno stanje organizacije je definisano kroz konsultacije sa zaposlenima i spoljnim saradnicima koji se, na osnovu pozicije i iskustva u organizaciji, mogu smatrati kompetentnim za posmatranu oblast, kao i činjenicama koje odslikavaju stvarno stanje u Studentskom centru Novi Sad (SCNS). U Nastavku je prikazana ocena usaglašenosti rezultata dobijenih testiranjem KIoT modela sa jedne, slika 5.1, i stvarnog stanja u SCNS sa druge strane, po potkategorijama.



Slika 5.1 Rezultati dobijeni testiranjem KIoT modela po potkategorijama u SCNS

*Potkategorija Upravljanje* koja se sastoji od dimenzija Strategija, Liderstvo, Organizaciona struktura i IoT tim, dobila je ocenu početno stanje na osnovu upitnika. Tri od četiri dimenzije ove potkategorije su u početnom, jedna je u srednjem.

Dimenzija *Strategija* je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – Ne postoji definisana IoT strategija, postoje izolovani IoT projekti, ili ništa. U SCNS zaista ne postoji definisana IoT strategija, bar ne pod takvim nazivom jer je, kao što je već pomenuto, termin IoT nepoznat. U SCNS postoje neki planovi za unapređenje poslovanja u kojima će se primeniti IoT. Konkretno, planira se uvođenje sistema inventara, jedan od predloga je da se inventar označi RFID tagovima. Pored ovoga, u SCNS već postoje IoT usluge kontrole ulaska u domove i restorane pomoću studentske kartice i RFID čitača, kao i praćenje rednog broja u



čekaonici smeštaja putem aplikacije za mobilni telefon ili Interneta. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije Strategija dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Liderstvo* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – viši menadžment podstiče IoT projekte, obezbeđuje neophodna sredstva za realizaciju. SCNS, kao javno preduzeće finansirano iz budžeta, povremeno konkuriše i dobija sredstva za održavanje i razvojne projekte. Predlozi i odluke o raspoređivanju tih sredstava se donose na sastancima Upravnog odbora, a na predlog direktora, koji inicira pokretanje projekata sa svojim timom, pa se može smatrati da opis stanja dobijen testiranjem KIoT modela u SCNS odgovara stvarnom stanju u SCNS, i da je ispitivanjem je dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Organizaciona struktura* je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – sektori su strogo podeljeni, komunikacija između njih je kruta i formalizovana. Za ovu dimenziju polovina ispitanika se opredelila za početno, a polovina za srednje stanje koje karakteriše to da je međusektorska saradnja uobičajena praksa. Uz konsultaciju sa zaposlenima došlo se do informacije da postoji bliska saradnja između pojedinih sektora, a između nekih sektora se odvija po strogom hijerarhijskom principu. Usvojena je niža ocena za dimenziju. Ovakvo stanje u SCNS delimično odgovara početnom stanju dimenzije Organizaciona struktura dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, a podeljenost glasova je ukazala na potrebu za dodatnom analizom koja je rezultirala uvidom da postoje različiti nivoi komunikacije između različitih sektora.

Dimenzija IoT tim je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – IoT-om se bave služba informacionih tehnologija (IT) koja nema mnogo iskustva sa IoT-om. U SCNS poseban IoT tim zaista ne postoji, a održavanjem i funkcionisanjem postojećih IoT servisa bavi se IT služba oslanjajući se pri tome na spoljne saradnike. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije IoT tim dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

*Potkategorija Kultura*, koja se sastoji od dimenzija Sistem nagrađivanja, Deljenje znanja i Vrednovanje IKT u organizaciji, dobila je ocenu srednje stanje na osnovu upitnika. Svaka od tri dimenzije ove potkategorije je dobila različitu ocenu kako je opisano u nastavku.

Dimenzija *Sistem nagrađivanja* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – postoje slučajevi nagrađivanja prema rezultatima tima. U SCNS postoje sezonski špicevi opterećenja za pojedine službe, na primer, za službu smeštaja u periodu prijave studenata za novu školsku godinu, za IT službu u periodu zamene studentskih kartica i sl. Praksa u SCNS je da u slučaju uspešno prevaziđenih ovakvih špiceva cela služba bude nagrađena na neki način. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Sistem nagrađivanja dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Deljenje znanja* je u naprednom stanju prema rezultatima upitnika – deljenje znanja je formalizovano kroz tačno definisane procedure. U konsultacijama sa zaposlenima SCNS je utvrđeno da takve procedure *ne postoje*, pa je daljom analizom sa ispitanicima utvrđeno da je došlo do pogrešnog razumevanja pitanja od jedne grupe ispitanika. Naime, procedure za razmenu informacija koje dele između sebe zaposleni u različitim smenama su shvaćene kao procedure za deljenje znanja. Većina preostalih ispitanika, koji nisu prisustvovali grupnoj sesiji, se opredelila za srednje stanje koje karakteriše promovisanje deljenja znanja u organizaciji. U razgovoru sa zaposlenima je utvrđeno da u okviru i između sektora postoji običaj razmene znanja, i da se ono pozdravlja u SCNS. Stvarno stanje u SCNS ne odgovara naprednom stanju dimenzije Deljenje znanja dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, ali se naknadnom analizom utvrdilo da je uzrok pogrešno razumevanje pojma deljenje znanja kod dela ispitanika na grupnoj sesiji. Eliminacijom tih ispitanika dobija se ocena srednje stanje za dimenziju Sistem nagrađivanja, a u tom slučaju, stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Sistem nagrađivanja dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja, uz dodatnu analizu. Takođe, da bi se predupredili ovakvi nesporazumi neophodno je doraditi upitnik za dimenziju Deljenje znanja.

Dimenzija *Vrednovanje IKT* u organizaciji je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – promene procesa koje nastaju uvođenjem IKT su spore i odvijaju se uz teškoće. Polovina ispitanika se opredelila za ovu opciju, ali čak 40% njih za opciju srednje stanje koje karakteriše brzo prilagođavanje novinama nastalim uvođenjem IKT. Ispitivanjem je utvrđeno razlog ovoj podeljenosti različito stanje u različitim sektorima, sektori koji imaju veći broj

visoko-obrazovanih kadrova i čiji se rad u većoj meri bazira na korišćenju računara se brže adaptiraju na promene u IKT domenu, i obrnuto. Ovakvo stanje u SCNS odgovara početnom stanju dimenzije Vrednovanje IKT dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja, uz komentar da je situacija na srednjem nivou u pojedinim sektorima.

*Potkategorija Kultura* je na srednjem nivou, a za dve od tri dimenzije postoji značajna podeljenost u izboru odgovora. Analizom je utvrđeno da je ova podeljenost posledica različitog nivoa stanja u različitim sektorima i službama SCNS-a. Sektori i službe čiji se rad bazira na računarima i koji su na istoj lokaciji imaju više stanje po pitanju deljenja znanja i vrednovanja IKT u organizaciji, a oni koji su dislocirani i manje vezani za računar niže.

*Potkategorija Poslovanje* koja se sastoji od dimenzija Digitalizacija poslovanja, Klijenti i Analitika, dobila je ocenu srednje stanje na osnovu upitnika, koja je zaključena na osnovu toga što se sve tri pripadajuće dimenzije nalaze u srednjem stanju prema rezultatima ispitivanja.

Dimenzija *Digitalizacija poslovanja* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – organizacija ima pojedine digitalizovane procese, usluge, servise u dužem periodu (preko jedne godine). U SCNS postoje pojedini digitalizovani procesi koji su najčešće usmereni prema državnim organima (Upravi za javne nabavke, Trezoru, Poreskoj upravi, Registru zaposlenih) a i pojedine automatizovane transakcione obrade u okviru SCNS. Osim sopstvenog razvoja, SCNS ima angažovana dva spoljna dobavljača softverskih usluga različite namene u dužem vremenskom periodu. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Digitalizacija poslovanja dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Klijenti* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – klijenti su solidno tehnički opremljeni za IoT projekte, imaju neka iskustva u primeni. Ovo je rezultat dobijen na osnovu ispitivanja zaposlenih u SCNS, a rezultat ispitivanja opremljenosti studenata, klijenata SCNS, je dat u prikazu rezultata studentske ankete. Stanje dobijeno testiranjem KIoT modela u SCNS u potpunosti odgovara stvarnom stanju dobijenom anketiranjem studenata, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Analitika* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – analiza podataka se radi redovno, generišu se izveštaji koji su lako dostupni i predstavljaju podlogu za planiranje i preduzimanje akcija. I u ovom slučaju je razlika između početnog i srednjeg stanja samo jedan glas. Kao i kod nekih prethodnih dimenzija, i ovde je razlika u nivoima između sektora. Pošto je u većem broju sektora zastupljeno srednje stanje može se smatrati da ovakvo stanje u SCNS odgovara srednjem stanju dimenzije Analitika dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja uz komentar da je situacija na početnom nivou u pojedinim sektorima.

*Potkategorija Poslovanje* ima ocenu srednje stanje, u SCNS postoji značajan broj digitalizovanih procesa u dužem vremenskom periodu, analitika se radi i šalju se izveštaji u različite baze državnih organa, klijenti – odnosno studenti – su kako je i očekivano, i opremljeni i iskusni u korišćenju savremenih IoT servisa.

*Potkategorija Arhitektura* koja se sastoji od dimenzija Klauđ aplikacije, Integracija-midlver, Skalabilnost sistema, IoT Referentna arhitektura i IoT uređaji, dobila je ocenu početno stanje na osnovu upitnika. Četiri od pet pomenutih dimenzija su u početnom stanju, a jedna u naprednom kako je opisano u nastavku.

Dimenzija *Klauđ aplikacije* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – klauđ aplikacije postoje, ali klauđ nije u nadležnosti organizacije. U SCNS se koristi veći broj klauđ aplikacija koje su postavili i održavaju različite državne službe: Poreska uprava, Registar zaposlenih, Uprava za javne nabavke, Trezor, ili banke. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Klauđ aplikacije dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Integracija – midlver* je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – ne postoji plan integracije, o integraciji se razmišlja ad hok prilikom dodavanja novih delova sistema. SCNS dugi niz godina unazad ima različite dobavljače usluga IKT i integrisanost između tih sistema je minimalna. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije Integracija – midlver dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Skalabilnost sistema* je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – prilikom razvoja IoT projekata razmatraju se samo tekuće potrebe po pitanju IoT platforme, skladištenja podataka, brzine protoka, potreba analitike. U razgovoru sa rukovodiocem IT službe istaknuto je da se, zbog veoma limitiranih sredstava namenjenih nabavci IKT opreme, i sve većih potreba (i troškova) planira isključivo u skladu sa tekućim potrebama. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije Skalabilnost sistema dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *IoT Referentna arhitektura* sistema je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – ne koristi se IoT Referentna arhitektura. U SCNS se ne primenjuje nikakva referentna IoT arhitektura, mali broj postojećih IoT servisa su razvijani ad hok, od strane spoljnih dobavljača. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije IoT Referentna arhitektura dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *IoT uređaji* sistema je u naprednom stanju prema rezultatima upitnika – postoje neki od uređaja u dužem periodu (preko 6 meseci). U SCNS se koriste RFID čitači, pametne brave, kartice i neke vste senzora u kuhinjama već duži niz godina. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije IoT uređaji dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

*Potkategorija Podaci* koja se sastoji od dimenzija Prikupljanje podataka, Čuvanje podataka, Kvalitet podataka i Sigurnost podataka dobila je ocenu početno stanje na osnovu upitnika. Dve od četiri pomenute dimenzije su u početnom stanju, a dve u srednjem kako je opisano u nastavku.

Dimenzija *Prikupljanje podataka* je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – ima od nula do dva različita izvora . U SCNS je detektovano dva izvora IoT podataka RFID čitači i pametne brave. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije Prikupljanje podataka dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Čuvanje podataka* je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – koriste se relacione baze podataka koje karakteriše unapred definisana šema koju je teško menjati naknadno, podaci su strukturirani, pogodni su za transakcionu obradu podataka. U SCNS se koristi relacioni SQL Server softver za upravljanje bazama podataka. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara početnom stanju dimenzije Čuvanje podataka dobijenom testiranjem KloT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Kvalitet podataka* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – kvalitet podataka se kontroliše povremeno, neophodno je vršiti naknadne dorade zbog nedostataka. U konsultaciji sa IT sektorom i korisnicima podataka utvrđeno je da su neophodni povremeni pozivi dobavljačima softvera zbog grešaka na prikupljenim podacima. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Kvalitet podataka dobijenom testiranjem KloT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Sigurnost podataka* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – o sigurnosti podataka se vodi računa prilikom razvoja sistema, koriste se napredni mehanizmi autentifikacije i autorizacije. U konsultaciji sa IT sektorom utvrđeno je da se zbog rada sa finansijama i baratanja ličnim podacima studenata zahtevi u odnosu na sigurnost čuvanih podataka razmatraju već u prvim specifikacijama razvijanih softvera. Osim toga, koriste se kartice zaposlenih prilikom prijave na sistem. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Sigurnost podataka dobijenom testiranjem KloT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

*Potkategorija Mreža* koja se sastoji od dimenzija Interoperabilnost mreže, Upravljanje mrežom, Logička sigurnost mreže, Fizička sigurnost mreže i Pokrivenost mrežom dobila je ocenu srednje stanje na osnovu upitnika. Tri od pet dimenzija su u srednjem stanju, a po jedna u početnom i naprednom kako je opisano u nastavku.

Dimenzija *Interoperabilnost mreže* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – koristi se TCP IP, RFID ili neka od mreža kratkog dometa. U SCNS je se koristi RFID prilikom očitavanja studentskih kartica na ulasku u domove i u restoranima, a očitani podaci se preko TCP IP prosleđuju bazi podataka. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem

stanju dimenzije Interoperabilnost mreže dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Upravljanje mrežom* je u početnom stanju prema rezultatima upitnika – upravljanje mrežom nije centralizovano. U konsultaciji sa spoljnim saradnikom koji je zadužen za održavanje mreže ova informacija je potvrđena. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Upravljanje mrežom dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Logička sigurnost mreže* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – primenjuje se naprednije administriranje. U konsultaciji sa spoljnim saradnikom koji je zadužen za održavanje mreže utvrđeno je da je pored elementarnog administriranja, u mreži SCNS moguće vršiti i sofisticiranija podešavanja. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Logička sigurnost mreže dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Fizička sigurnost mreže* je u naprednom stanju prema rezultatima upitnika – svi mrežni uređaji su fizički su obezbeđeni. U SCNS mrežni uređaji su postavljeni u prostorije portirske službe, tako da su zaključane i pod nadzorom 24/7. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara naprednom stanju dimenzije Fizička sigurnost mreže dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Dimenzija *Pokrivenost mrežom* je u srednjem stanju prema rezultatima upitnika – svi zaposleni koji koriste računar su povezani na računarsku mrežu, neke zone su pokrivene bežičnim mrežama, RFID-om i sl. U SCNS svi zaposleni su povezani na računarsku mrežu, kao i svi studentski domovi. Osim toga, zone oko ulaza u domove bliža okolina su pokriveni bežičnim mrežama. Ovakvo stanje u SCNS u potpunosti odgovara srednjem stanju dimenzije Pokrivenost mrežom dobijenom testiranjem KIoT modela u SCNS, pa se može oceniti da je ispitivanjem dobijena tačna ocena stanja.

Mrežama u SCNS se bavi spoljni dobavljač usluga koji je specijalizovan za tu vrstu posla pa se u tome može naći objašnjenje zašto je Mreža bolje ocenjena u odnosu na ostale tehnološke potkategorije.

Na osnovu prethodno prikazane ocene usaglašenosti stanja SCNS dobijenog testiranjem KIoT modela i stvarnog stanja u SCNS može se rezimirati kako sledi:

- 20 od 24 dimenzije KIoT-a su odslikale stvarno stanje potpuno tačno;
- 3 od 24 dimenzije su odslikale stvarno stanje tačno ali je, zbog je izražene podeljenosti broja glasova ispitanika bila neophodna dodatna analiza kojom se utvrdilo da su ove dimenzije u različitim stanjima u različitim sektorima;
- 1 od 24 dimenzije je odslikala pogrešno stanje u odnosu na stvarno, dodatna analiza je utvrdila da je uzrok pogrešno razumevanje pojma deljenje znanja koje je pomešano sa razmenom informacija koje dele zaposleni u određenom sektoru između smena. Nakon eliminacije te grupe ispitanika, sa odgovorima preostalih dobijeno stanje dimenzije testiranjem KIoT-a je tačno odslikalo stvarno stanje. Pogrešno razumevanje pitanja je nametnulo potrebu za jasnijim definisanjem pitanja za ovu dimenziju u odgovarajućem upitniku za slučajeve narednih primena modela.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da stanje dobijeno testiranjem KIoT modela odgovara stvarnom stanju posmatranih dimenzija u SCNS, a osim što daje realnu sliku sistema, primenom KIoT modela dobilo se i sledeće:

- Uvid u neravnomerno stanje nekih dimenzija u nekim sektorima, što može biti veoma korisna informacija prilikom planiranja IoT projekata, ili obuke zaposlenih, ili preduzimanja koraka da se neki organizacioni segmenti unaprede.
- Nakon grupne sesije i popune upitnika zaposleni su pokazali interesovanje za IoT i predložili ideje za nekoliko novih primena IoT tehnologija u redovnom poslovanju, što ukazuje na pozitivan uticaj na stvaranje klime za promene.

U nastavku je prikazana provera KIoT modela na konzistentnost.



### **5.1.2 Konzistentnost KIoT modela**

Konzistentnost modela se ispituje proverom da li u modelu, upitnicima, softverskom alatu i rezultatima dobijenim testiranjem modela postoje nelogičnosti i protivrečnosti. Provera konzistentnosti je vršena u svim fazama razvoja modela sa posebnim naglaskom u fazi testiranja KIoT modela. Prilikom popune organizacionog i tehnološkog upitnika od strane visoko obrazovanih kadrova iz različitih oblasti, usmeno traženo je od ispitanika da daju primedbe i sugestije u slučaju nejasnoća. Osim zahteva za objašnjenjem samog termina IoT nije bilo drugih primedbi na jasnost i logičnost upitnika koji odslikava KIoT model. Što se tiče konzistentnosti rezultata dobijenih testiranjem KIoT modela, najbolji pokazatelj konzistentnosti je visok nivo tačnosti u kojoj stanje dobijeno testiranjem modela odgovara stvarnom stanju u SCNS. U nekoliko slučajeva je detektovan približno jednak broj glasova za dva različita stanja neke dimenzije ali je utvrđeno da je to posledica nejednakog stanja te dimenzije u različitim sektorima organizacije, a ne nekonzistentnosti modela. Konačno, u jednom slučaju je deo ispitanika (6 od 16) pogrešno tumačio pojam pa je za tu dimenziju u upitnik dodato dodatno objašnjenje. Na osnovu navedenog može se zaključiti da je razvijeni KIoT model konzistentan.

### **5.1.3 Sveobuhvatnost KIoT modela**

Sveobuhvatnost modela ocenjena je merom u kojoj model obuhvata sve dimenzije koje su relevantne za IoT. KIoT model je nastao proučavanjem različitih modela namenjenih IoT-u sa različitim domenima primene i različitim perspektivama posmatranja IoT. Tako su neke metode namenjene proizvodnim organizacijama ([18], [19], [21]), neke su opšte namene ([17], [20]). Posledica je da su neke metode više okrenute tehničkom aspektu IoT-a ([19], [21]), neke više organizacionom ([20]), pa su logično i nivoi detaljnosti dimenzija modela različiti. Takođe, neke ocenjuju organizaciju u odnosu na konkretnu poslovnu primenu ([12], [17]), a neki opštu spremnost organizacije nevezano za neku konkretnu primenu ([18], [19], [21]).

Metod KIoT ocenjuje opštu spremnost organizacije, tačnije studentskih kampusa, za IoT. Spremnost se ocenjuje u odnosu na veliki broj mogućih primena IoT-a a ne za neki konkretan IoT projekt. Ovakvo opredeljenje proističe iz vrste usluga koje univerzitetski kampus pruža, a koje uključuju stanovanje, ishranu, društveni život i druge stvari koje čine svakodnevni život

stanara, a koje omogućavaju veliki broj raznovrsnih IoT servisa. Na osnovu te činjenice, iz postojećih modela preuzimane su sve dimenzije koje ima smisla primeniti ih u studentskom kampusu, a nisu uzete one nisu primenjive (kao na primer, dimenzija proizvod u modelima namenjenim proizvodnoj organizaciji). Posledica je da se sve dimenzije definisane u KIoT modelu nalaze u većini drugih modela za ocenu spremnosti za IoT od kojih su neki prikazani u poglavlju 2.

Drugi vid utvrđivanja sveobuhvatnosti je urađen procenom da li dimenzije KIoT modela pokrivaju sve nivoe i funkcionalnosti dva šire prihvaćena IoT referentna modela ([24], [25]). Analizom je utvrđeno da su IoT dimenzijama pokriveni svi elementi tih arhitektura.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da je razvijeni model sveobuhvatan.

#### **5.1.4 Rezime ocene KIoT modela**

Evaluacijom razvijenog modela KIoT se došlo do zaključka da je on efektivan, konzistentan i sveobuhvatan čime su ispunjeni kriterijumi za evaluaciju usvojene metodologije razvoja modela za ocenu spremnosti. Na osnovu ovoga može se zaključiti da je potvrđena hipoteza H1 ove disertacije da je moguće razviti metodu za ocenu spremnosti studentskih kampusa za IoT.

## **5.2 DISUKUSIJA REZULTATA STUDENTSKOG UPITNIKA**

Zajedno sa testiranjem SCNS realizovano je i testiranje stanara domova SCNS da bi se proverila hipoteza H2 kojom se tvrdi sa su studenti univerzitetskih kampusa spremni za IoT. Spremnost studenata je ocenjivana na osnovu tri dimenzije: informisanost o IoT-u, opremljenosti za IoT i stavu prema IoT servisima. Na osnovu rezultata prikazanih u prethodnom poglavlju izvedeni su zaključci u nastavku.

*Informisanost* – je proveravana tako što je ispitanicima naveden određen broj pojmova koji su vezani za primenu IoT servisa i od njih je traženo da označe poznate. Od devet takvih pojmova 95,86 % procenata ispitanika je čulo za različite IoT servise preko mobilnih telefona, 85,43% je čulo za fitness uređaje i aplikacije, preko 81,95% za različite servise preko čipovanih kartica. Preostalih šest navedenih pojmova poznati su u intervalu od 33,77% (pametni

gradovi) do 65,89% (virtuelna stvarnost) ispitane populacije. Na osnovu toga što je tri pojma poznato preko 85% populacije može se zaključiti da su studenti dobro informisani o IoT-u.

*Opremljenost* – je proveravana tako što je ispitanicima naveden određen broj uređaja koji se koriste za različite IoT servise, a od njih je traženo da odaberu one koje imaju. Od osam navedenih uređaja 96,86% procenata poseduje pametni telefon, 95,86% laptop računar. Preostalih šest navedenih pojmova kreću se u intervalu od 0,66% (pametni nakit) do 27,48% (tablet). Na osnovu činjenice da preko 95% ispitane populacije poseduje bar dva uređaja pogodna za IoT servise može se zaključiti da su studenti dobro opremljeni za IoT.

*Stav prema IoT servisima* – testiran je tako što su ispitanicima predloženi IoT servisi koje koriste kao stanari domova SCNS, a od njih je traženo da odrede svoj stav prema njima. Na osnovu dobijenih rezultata 66,72% ispitanika smatra da je u SCNS potrebno više takvih servisa, 25,66% ispitanika da je sasvim dovoljno ovoliko usluga koliko sada ima, 6,62% nema nikakav stav ni očekivanja u odnosu na IoT servise, i konačno, 0,99% ispitanika smatra da im takve usluge uopšte nisu potrebne. Na osnovu navedenog može se zaključiti da oko dve trećine ispitanika očekuje više IoT servisa u budućnosti.

Rezimirajući navedene rezultate, može se zaključiti da su studenti – stanari domova SCNS – dobro informisani o IoT-u, dobro opremljeni za IoT i očekuju više IoT servisa u SCNS u budućnosti. Dalje se zaključuje da su studenti – stanari univerzitetskog kampusa – spremni za IoT, čime je potvrđena hipoteza H2 ove disertacije.

## 6. ZAKLJUČCI I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA

U okviru ove disertacije razmatran je problem ocene spremnosti studentskog kampusa za primenu tehnologija Interneta stvari (eng. Internet of Things – IoT), sa ciljem da se razvije odgovarajući model za ocenu spremnosti ovakve vrste organizacije za IoT.

U prvom delu disertacije predstavljen je problem i ciljevi istraživanja, a zatim je dat pregled relevantnih znanja i tehnologija: prikaz referentnih modela IoT-a, prikaz modela za ocenu spremnosti za IoT, kao i prikaz aktuelnog stanja u domenu primene IoT-a na univerzitetima. Na osnovu analize aktuelnog stanja u oblasti, kao i problema istraživanja, u poglavlju 3 je predložen i detaljno opisan model KIoT za ocenu spremnosti univerzitetskog kampusa za IoT. Model KIoT je zasnovan na opštem referentnom modelu IoT-a a nastao je kao rezultat kombinovanja različitih modela za primenu u novom domenu, što je jedna od predloženih strategija razvoja navedenih u odabranoj metodologiji razvoja modela za ocenu spremnosti [14]. Model se sastoji od 24 dimenzije relevantne za IoT u univerzitetskom kampusu, koje su, radi boljeg razumevanja i analize, grupisane u 6 potkategorija i dve kategorije, kao i upitnika koji ispituje spremnost stanara kampusa za IoT.

Kako bi se ispitale mogućnosti primene predloženog modela, pristupilo se testiranju modela u Studentskom centru Novi Sad (SCNS). Nakon izvršenog testiranja putem popune upitnika u SCNS, poštujući odabranu metodologiju razvoja metoda za ocenu spremnosti, model je evaluiran na efektivnost, sveobuhvatnost i konzistenost.

U okviru ocene *efektivnosti* modela izvršena je evaluacija u kojoj meri model ispunjava postavljeni cilj, odnosno daje stvarnu ocenu stanja spremnosti za IoT. Konkretno, pod efektivnošću modela se smatra mera tačnosti u kojoj rezultat organizacije dobijen testiranjem KIoT modela odslikava stvarno stanje relevantnih dimenzija posmatrane

organizacije. Stvarno stanje relevantnih dimenzija je definisano kroz konsultacije sa zaposlenima i spoljnim saradnicima koji se, na osnovu pozicije i iskustva u organizaciji, mogu smatrati kompetentnim za posmatranu oblast, kao i činjenicama koje odlikavaju stvarno stanje u SCNS. Detaljnom analizom prikazanom u petom poglavlju pokazalo se da stanje dobijeno testiranjem KIoT modela odgovara stvarnom stanju posmatranih dimenzija u SCNS, i da KIoT model ispunjava zahtev po pitanju efektivnosti.

U okviru provere *konzistentnosti* modela je ispitano da li u modelu, upitnicima, softverskom alatu i rezultatima dobijenim testiranjem modela postoje nelogičnosti i protivrečnosti. Provera konzistentnosti je vršena u svim fazama razvoja modela sa posebnim naglaskom u fazi testiranja KIoT modela. Analizom prikazanom u poglavlju 5 konzistentnost je proveravana u konsultacijama sa ispitanicima od kojih je traženo da ocene upitnike koji su rezultat KIoT modela. Takođe, izuzetno visok stepen saglasnosti stanja SCNS dobijenog testiranjem KIoT modela sa stvarnim stanjem je vredan pokazatelj konzistentnosti, pa je zaključeno da KIoT model ispunjava zahtev po pitanju konzistentnosti.

*Sveobuhvanost* modela ocenjena je merom u kojoj model obuhvata sve dimenzije koje su relevantne za IoT. Izvršeno je poređenje dimenzija sadržanih u KIoT modelu sa dimenzijama drugih modela sa ocenu spremnosti za IoT, i utvrđeno je su pokrivene sve dimenzije koje su primenljive u organizacijama tipa studentskih kampusa. Drugi vid utvrđivanja sveobuhvatnosti je urađen procenom da li dimenzije KIoT modela pokrivaju sve nivoe i funkcionalnosti dva šire prihvaćena IoT referentna modela ([24], [25]) i analizom je utvrđeno da su IoT dimenzijama pokriveni svi elementi tih arhitektura. Na osnovu navedenog može se zaključiti da je razvijeni model sveobuhvatan.

Sa obzirom da KIoT model zadovoljava postavljene kriterijume po pitanju efektivnosti, konzistentnosti i sveobuhvatnosti, može se zaključiti da je potvrđena prva hipoteza postavljena u disertaciji.

Zajedno sa testiranjem modela u SCNS realizovano je i testiranje stanara domova SCNS da bi se proverila hipoteza H2 kojom se tvrdi da su studenti univerzitetskih kampusa spremni za IoT. Spremnost studenata je ocenjivana na osnovu tri dimenzije: informisanost o IoT-u, opremljenosti za IoT i stavu prema IoT servisima.

*Informisanost* – je proveravana tako što je ispitanicima naveden određen broj pojmova koji su vezani za primenu IoT servisa i od njih je traženo da označe poznate. Od devet takvih pojmova preko 95,86 % procenata ispitanika je čulo za različite IoT servise preko mobilnih telefona, 85,43% je čulo za fitnes uređaje i aplikacije, preko 81,95% za različite servise preko čipovanih kartica. Preostalih šest navedenih pojmova poznati su u intervalu od 33,77% (pametni gradovi) do 65,89% (virtuelna stvarnost) ispitane populacije. Na osnovu toga što je tri pojma poznato preko 85% populacije može se zaključiti da su studenti dobro informisani o IoT-u.

*Opremljenost* – je proveravana tako što je ispitanicima naveden određen broj uređaja koji se koriste za različite IoT servise, a od njih je traženo da odaberu one koje imaju. Od osam navedenih uređaja 96,86% procenata poseduje pametni telefon, 95,86% laptop računar. Preostalih šest navedenih pojmova kreću se u intervalu od 0,66% (pametni nakit) do 27,48% (tablet). Na osnovu činjenice da preko 95% ispitane populacije poseduje bar dva uređaja pogodna za IoT servise može se zaključiti da su studenti dobro opremljeni za IoT.

*Stav prema IoT servisima* – testiran je tako što su ispitanicima predloženi IoT servisi koje koriste kao stanari domova SCNS, a od njih je traženo da odrede svoj stav prema njima. Na osnovu dobijenih rezultata 66,72% ispitanika smatra da je u SCNS potrebno više takvih servisa, 25,66% ispitanika da je sasvim dovoljno ovoliko usluga koliko sada ima, 6,62% nema nikakav stav ni očekivanja u odnosu na IoT servise, i konačno, 0,99% ispitanika smatra da im takve usluge uopšte nisu potrebne. Na osnovu navedenog može se zaključiti da oko dve trećine ispitanika očekuje više IoT servisa u budućnosti.

Rezimirajući navedene rezultate, može se zaključiti da su studenti – stanari domova SCNS – dobro informisani o IoT-u, dobro opremljeni za IoT i očekuju više IoT servisa u SCNS u budućnosti. Na osnovu ovoga se zaključuje da su studenti – stanari univerzitetskog kampusa – spremni za IoT, čime je potvrđena hipoteza H2 ove disertacije.

Na osnovu rezultata testiranja KIoT modela i njihove detaljne analize, najvažniji doprinosi ove disertacije koji mogu da se izvedu su:

- Napravljen je model za ocenu spremnosti univerzitetskih kampusa za IoT, formirani upitnici i softverski alat za pomoć u primeni modela, čime je dobijen strukturiran pristup integraciji IoT-a u ovom, specifičnom, domenu.
- Primenom modela može se, pored uvida u spremnost organizacije za IoT, steći uvid u neravnomerno stanje nekih dimenzija u različitim sektorima organizacije, što može biti veoma korisna informacija prilikom planiranja IoT projekata, ili obuke zaposlenih, ili preduzimanja koraka da se neki organizacioni segmenti unaprede.
- Nakon grupne sesije i popune upitnika zaposleni su pokazali interesovanje za IoT i predložili ideje za nekoliko novih primena IoT tehnologija u redovnom poslovanju, što ukazuje na pozitivan uticaj na stvaranje klime za promene koje IoT donosi.
- Nakon primene upitnika u organizaciji i određivanja spremnosti za IoT u modelu, organizacija ima jasnu sliku na koji način unaprediti spremnost za IoT. U KIoT modelu može se odrediti stanje koje se želi ostvariti u nekom narednom periodu, a na osnovu definicija željenog i trenutnog stanja može se zaključiti koje korake treba napraviti da bi se ostvarilo željeno stanje.
- Napravljen je upitnik pomoću kog se može utvrditi spremnost stanara kampusa za IoT servise, što je veoma bitna informacija u postupku planiranja i razmatranja postojećih i uvođenja novih IoT servisa u kampus.

Na osnovu dobijenih rezultata i ograničenja koja su utvrđena u okviru ove disertacije, otvorena su nova istraživačka pitanja. Pre svega, dalji rad treba da se usmeri na:

- Dalji razvoj i razradu dimenzija KIoT modela, doterivanjem definicija stanja dimenzija kako bi još tačnije odslikavali željeno stanje i pratili nove prodore u IoT tehnologijama koji su, praktično, svakodnevni.
- Ispitati mogućnosti transfera KIoT modela na neke druge, slične, domene. Na primer, u druge ustanove javnog sektora.
- Ispitati mogućnost transfera upitnika o spremnosti stanara kampusa na neke druge ciljane grupe potencijalnih korisnika IoT servisa.

Na kraju, neophodno je naglasiti da modeli za ocenu spremnosti nisu za jednokratnu upotrebu, i nisu namenjeni samo za jednu organizaciju. U okviru jedne organizacije treba ih sprovoditi u određenim vremenskim intervalima i pratiti njen napredak u pogledu

spremnosti za IoT. Takođe, trebalo bi primeniti KIoT i na drugim univerzitetskim kampusima. Ovakvi modeli kroz primenu dobijaju na kvalitetu jer se na osnovu povratnih informacija od ispitanika dobijaju značajne informacije za unapređenja.



## LITERATURA

- [1] Asseo, I., Johnson, M., Nilsson, B., Chalapathy, N. & Costello, T.J. "The Internet of Things: Riding the Wave in Higher Education. *Educase Review*", pp. 10-31, preuzeto februara 2017 sa <http://er.educause.edu/articles/2016/6/the-internet-of-things-riding-the-wave-in-higher-education>, 2016
- [2] Ashton, K. "That 'Internet of Things' Thing", *RFID Journal*, preuzeto aprila 2018 sa <http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986>, 2009
- [3] "IEEE Standards Association (IEEE-SA) Internet of Things (IoT) Ecosystem Study", preuzeto oktobra 2017 sa [https://standards.ieee.org/innovate/iot/iot\\_ecosystem\\_exec\\_summary.pdf](https://standards.ieee.org/innovate/iot/iot_ecosystem_exec_summary.pdf), 2015
- [4] Dokonal, D. "Internet of Thing: Enabling Tech, Opportunities & Challenges", preuzeto marta 2018 sa [http://aitp-li.org/files/Internet%20of%20Things%20\(Davor%20Dokonal\).pdf](http://aitp-li.org/files/Internet%20of%20Things%20(Davor%20Dokonal).pdf), 2016
- [5] Manyika J., Chui M., Bisson P., Woetzel J., Dobbs R., Bughin J., Aharon D., "The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype", McKinsey Global Institute, June 2015.
- [6] Wallin L.O., Jones N., Kleyhans S., "How to Put an Implementable IoT Strategy in Place", Gartner Inc., July 2015.
- [7] Raval D., "IoT SOLUTIONS MATURITY MODEL", Tech Mahindra, preuzeto jula 2017 sa [https://www.techmahindra.com/sites/ResourceCenter/White%20Papers/New\\_Gen\\_Services/IoT\\_Solutions%20Maturity%20Model.pdf](https://www.techmahindra.com/sites/ResourceCenter/White%20Papers/New_Gen_Services/IoT_Solutions%20Maturity%20Model.pdf), 2016
- [8] Hallstrom J.O., "IoT and the Campus of Things", *EDUCAUSE Review*, preuzeto jula 2017 sa <https://er.educause.edu/articles/2016/8/iot-and-the-campus-of-things>, 2016
- [9] Hudson F., "The Internet of Things Is Here", *EDUCASE Review*, JULY/AUGUST 2016, pp. 52-53, 2016
- [10] "Global IoT Report 2017", HCL Technologies, January 2017, preuzeto novembra 2017. sa <https://www.hcltech.com/iot-survey>, 2017
- [11] "Cisco survey", IoT World Forum, London, May 2017, 2017
- [12] Wallin L.O., Jones N., Kleyhans S., "How to Put an Implementable IoT Strategy in Place", Gartner Inc., July 2015, preuzeto decembra 2017. sa <https://www.gartner.com/imagesrv/research/iot/pdf/iot-275309.pdf>, 2015

- [13] Arsenijević D., Stankovski S., Ostojić G, Baranovski I., Oros D., “An Overview of IoT Readiness Assessment Methods”, Zbornik radova 8th International Conference on Information Society and Technology – ICIST 2018, Vol.1 pp 48-53, 2018
- [14] Becker J., Knackstedt R., Pöppelbuß J., “Developing Maturity Models for IT Management – A Procedure Model and its Application”, Business & Information Systems Engineering, Volume 1, Issue 3, pp 213–222, June 2009
- [15] “Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)”, IEEE Standards Association, preuzeto juna 2017 sa <http://grouper.ieee.org/groups/2413/Intro-to-IEEE-P2413.pdf>, 2016
- [16] “10 Leading University Courses on IoT (Worldwide)”, IOT INDIA MAGAZINE, 4 th August, 2016, preuzeto februara 2017 sa <http://iotindiamag.com/2016/08/10-leading-university-courses-iot-worldwide/>, 2016
- [17] Halper, F., “TDWI IoT Readiness Guide. Interpretating Your Assessment Score” preuzeto februara 2017 sa [http://www.iotiournal.nl/wp-content/uploads/2016/08/TDWI\\_BG\\_IoT\\_Guide\\_Web.pdf](http://www.iotiournal.nl/wp-content/uploads/2016/08/TDWI_BG_IoT_Guide_Web.pdf), 2017
- [18] Schumacher, A., Erol, S. & Sihn, W., “A maturity model for assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises”, Procedia CIRP 52: 161-166., 2016
- [19] “ACHIEVE INNOVATION WITH CONNECTED CAPABILITIES: Connected Product Maturity Model”, White paper, Axeda Corporation, 2016, preuzeto jula 2017. sa <https://whitepapers.us.com/achieve-innovation-with-connected-capabilities-connected-product-maturity-model-white-paper-axeda-com.html>, 2016
- [20] Vachterytè V., “Towards an Integrated IoT Capability Maturity Model”, Proceedings of 7th IBA Bachelor Thesis Conference, July 1st, 2016, Enschede, The Netherlands, preuzeto juna 2017 sa <https://pdfs.semanticscholar.org/1d0b/799a9c896f0d749a229358e00189e6f42bc5.pdf>, 2016
- [21] Yost S., “Five Stages of IoT”, BSQUARE Corp., white paper, preuzeto novembra 2017 sa <https://www.bsquare.com/blog/the-five-stage-iot-maturity-model/>, 2017

- [22] Stankovic J.A., "Research Directions for the Internet of Things", IEEE Internet of Things Journal, Volume 1, Issue 1, pp. 3-9, Feb. 2014, DOI: 10.1109/JIOT.2014.2312291, 2014
- [23] Marginean H., Karzel D., Tran T.S., "A Reference Architecture for the Internet of Things", preuzeto aprila 2018 sa <https://www.infog.com/articles/internet-of-things-reference-architecture>, 2016
- [24] Bassi A., Martin Bauer M., Fiedler M., Kramp T., Kranenburg R., Lange S., Meissner S., "Enabling Things to Talk", Springer, DOI 10.1007/978-3-642-40403-0, 2013
- [25] Cisco, "The Internet of Things Reference Model." Internet of Things World Forum, 2014, pruzeto aprila 2018 sa [http://cdn.iotwf.com/resources/72/IoT\\_Reference\\_Model\\_04\\_June\\_2014.pdf](http://cdn.iotwf.com/resources/72/IoT_Reference_Model_04_June_2014.pdf), 2014
- [26] Zhi-Ting Zhu Z.T., Yu M.H., Riezebos P., "A research framework of smart education", Smart Learning Environments, SpringerOpen Journal 2016 3:4, DOI 10.1186/s40561-016-0026-2, 2016
- [27] Kwok L., "A vision for the development of i-campus", Smart Learning Environments, SpringerOpen Journal 2015 2:2, DOI 10.1186/s40561-015-0009-8, 2015
- [28] Merkley D., Schmidt D., Dirksen C., Fuhler C., "Enhancing parent-teacher communication using technology: a reading improvement clinic example with beginning teachers", Contem. Issues Tech. Teach. Educ. 6(1), pp. 11–42, 2006
- [29] Benson C., "The Internet of Things, IoT Systems, and Higher Education", EDUCASE Review, JULY/AUGUST 2016, pp. 34-43, 2016
- [30] Tijerina B., "Campus Support Systems for Technical Researchers Navigating Big Data Ethics", EDUCASE Review, JULY/AUGUST 2016, pp. 48-49, 2016
- [31] Pickering C., Byrne J., "The Benefits of Publishing Systematic Quantitative Literature Reviews for PhD Candidates and Other Early-career Researchers," High. Educ. Res. Dev., vol. 33, no. 3, pp. 534– 548, 2014
- [32] Frederix F., "IoT governance roadmap", INFSO D4, European Commission, Brussels, June 2011
- [33] Berger R., "INDUSTRY 4.0 – The new industrial revolution", preuzeto maja 2018 sa [https://www.rolandberger.com/en/Publications/pub\\_industry\\_4\\_0\\_the\\_new\\_industrial\\_revolution.html](https://www.rolandberger.com/en/Publications/pub_industry_4_0_the_new_industrial_revolution.html), 2014

- [34] Mettler T., "Maturity assessment models: a design science research approach", *Int. J. Society Systems Science*, Vol. 3, Nos. 1/2, pp. 81-98, 2011
- [35] Hevner A.R., Salvatore T.M., Park J., Ram S., "Design Science in Information Systems Research," *MIS Research Center*, pp. 75 – 105, 2004
- [36] March S. T., Smith G., "Design and Natural Science Research on Information Technology", *Decision Support Systems* (15:4), December 1995, pp. 251-266., 1995
- [37] Schön D.A. "The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action", Basic Books, New York, 1983.
- [38] Simon H.A. "The Sciences of the Artificial (3<sup>rd</sup> ed.), MIT Press, Cambridge, MA, 1996
- [39] de Bruin T., Rosemann M., "Understanding the main phases of developing a maturity assessment model", paper presented at the 16th Australasian Conference on Information Systems, November 30–December 2, 2005, Sydney, Australia, 2005
- [40] Denning P. J., "A New Social Contract for Research", *Communications of the ACM* (40:2), February 1997, pp. 132-134, 1997
- [41] Tsichritzis D., "The Dynamics of Innovation", in *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*, P. J. Denning and R. M. Metcalfe (eds.), Copernicus Books, New York, pp. 259-265, 1998
- [42] Markus M. L., Majchrzak A., Gasser L., "A Design Theory for Systems that Support Emergent Knowledge Processes", *MIS Quarterly* (26:3), September, pp. 179-212., 2002
- [43] Walls J. G., Widmeyer G. R., El Sawy O. A. "Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS", *Information Systems Research* (3:1), pp. 36-59, 1992
- [44] Lee A., "Systems Thinking, Design Science, and Paradigms: Heeding Three Lessons from the Past to Resolve Three Dilemmas in the Present to Direct a Trajectory for Future Research in the Information Systems Field", Keynote Address, Eleventh International Conference on Information Management, Taiwan, May 2000
- [45] Aboulafia M., "Philosophy, Social Theory, and the Thought of George Herbert Mead (SUNY Series in Philosophy of the Social Sciences)", State University of New York Press, Albany, NY, 1991

- [46] DeLone W.H., McLean E.R., "The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update", *Journal of Management Information Systems* (19:4), pp 9-30, Spring 2003
- [47] „Kodeks o akademskom integritetu Univerziteta u Novom Sadu”, preuzeto sa <https://www.uns.ac.rs/index.php/rs/univerzitet/dokumenti/send/7-pravilnici/20-kodeks-o-akademskom-integritetu-univerziteta-u-novom-sadu>