



نام دانشکده

نام گروه

## موضوع پایان نامه را در این قسمت بنویسید

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته .....

نام نویسنده

استاد راهنما:

دکتر .....

شهریور ۱۴۰۳



# تأییدیه هیئت داوران جلسه دفاع از پایان نامه / رساله

نام دانشکده: نام دانشکده

نام دانشجو: نام نویسنده

عنوان پایان نامه: موضوع پایان نامه را در این قسمت بنویسید

تاریخ دفاع: شهریور ۱۴۰۳

رشته: در رشته .....

گرایش: نام گروه

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما	دکتر .....	دانشگاه علم و صنعت	
۲	استاد مدعو خارجی	دکتر .....	دانشگاه .....	
۳	استاد مدعو داخلی	دکتر .....	دانشگاه علم و صنعت	

# تأییدیه صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

این جانب نام نویسنده به شماره دانشجویی دانشجوی رشته مهندسی کامپیوتر گرایش شبکه‌های کامپیوتری مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تایید می‌نمایم که کلیه مندرجات در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران، بدون هرگونه دخل و تصرف انجام گرفته و موارد نسخه‌برداری شده از آثار دیگران، مطابق مقررات و ضوابط ارجاع داده شده و ویژگی‌های کامل منابع را در فهرست منابع ذکر کرده‌ام. این پایان‌نامه پیش‌تر برای احراز هیچ مدرکی ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مولفان و منصفان و قانون ترجمه، تکثیر و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی و پژوهشی، انضباطی و غیره) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی‌صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه علم و صنعت ایران است. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی و واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه علم و صنعت ایران ممنوع است. نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نام و نام خانوادگی دانشجو: نام نویسنده  
تاریخ: شهریور ۱۴۰۳  
امضای دانشجو:

تقدیم به همه آنهایی که

می خواهند بیشتر بدانند

# سپاسگزاری...

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است.

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پرمهر پدرم...

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم...

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانی تان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما...

ره آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم؛ باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگی تان را

بزداید. بوسه بر دستان پرمهرتان.

هم چنین بر خود واجب می دانم از زحمات استاد راهنمای خود، جناب آقای دکتر ..... صمیمانه تشکر و قدردانی کنم که قطعاً

بدون راهنمایی های ایشان، این کار به انجام نمی رسید.

## چکیده

در این قسمت چکیده پایان نامه را بنویسید.



**کلمات کلیدی:** کلمات کلیدی را در این قسمت وارد کنید.

# فهرست مطالب

ج	فهرست اشکال
۵	فهرست جداول
ز	فهرست اختصارات
۱	فصل ۱ مقدمه
۲	۱.۱ طرح مسئله
۲	۲.۱ چالش‌ها و انگیزه
۲	۳.۱ نوآوری‌ها
۳	۴.۱ ساختار گزارش
۴	فصل ۲ مفاهیم پایه‌ای
۴	۱.۲ معماری UE در شبکه‌های تلفن همراه
۵	فصل ۳ مروری بر کارهای پیشین
۵	۱.۳ بهینه‌سازی مسیر
۵	۲.۳ حل مشکلات
۷	فصل ۴ شرح روش پیشنهادی
۷	۱.۴ مدل سامانه و فرضیات
۷	۲.۴ تشریح روش پیشنهادی
۱۰	فصل ۵ شبیه‌سازی
۱۰	۱.۵ وارد کردن کد در متن



۱۲	نتیجه‌گیری و کارهای آینده	فصل ۶
۱۲	نتیجه‌گیری	۱.۶
۱۲	کارهای آینده	۲.۶
۱۳		مراجع
۱۴		واژه نامه انگلیسی به فارسی
۱۵		واژه نامه فارسی به انگلیسی
۱۶		نمایه

۲	..... نسل‌های مختلف شبکه‌های تلفن همراه		۱.۱
۶	..... حوزه‌های بهینه‌سازی شبکه‌های تلفن همراه از دیدگاه جمع‌آوری داده		۱.۳



# فهرست جداول

۸	..... فهرست نمادها	۱۰۴
---	--------------------	-----



## G

GPRS ..... General Packet Radio Service

GSM ..... Global System for Mobile Communication

GSMA ..... GSM Association

## I

IoT ..... Internet of Things

ITU ..... International Telecommunication Union

## L

LTE ..... Long Term Evolution

## M

MDT ..... Minimization of Drive Test

MIMO ..... Multiple Input Multiple Output

## N

NFV ..... Network Function Virtualization

## **S**

SDN ..... Software Defined Networks

SMS ..... Short Message Service

## **U**

UE ..... User Equipment

UMTS ..... Universal Mobile Telecommunications System

# فصل ۱

## مقدمه

امروزه شاهد گسترش روزافزون شبکه‌های تلفن همراه در سرتاسر جهان هستیم. اطلاعات آماری حکایت از آن دارد که تا انتهای سال ۲۰۲۳ از میان ۸.۰۲ میلیارد انسانی که بر روی کره زمین زندگی می‌کنند، در حدود ۵.۶ میلیارد نفر از شبکه‌های تلفن همراه استفاده می‌کنند که این خود حاکی از ضریب نفوذ<sup>۱</sup> ۶۹ درصدی این شبکه‌ها است. برطبق گزارش مؤسسه GSMA<sup>۲</sup>، فناوری تلفن همراه و خدمات مرتبط با آن در سال ۲۰۲۳، در حدود ۵.۷ تریلیون دلار (۵.۴٪ تولید ناخالص داخلی) ارزش افزوده به همراه داشته [۱]. این حجم شگرف چرخش مالی، منجر به ایجاد فرصت‌های پژوهشی، صنعتی و تجاری بسیاری گشته است. اهمیت شبکه‌های تلفن همراه، زمانی آشکار می‌گردد که بدانیم رشد و توسعه این شبکه‌ها، مرهون توسعه فناوری‌هایی نظیر MIMO<sup>۳</sup>، IoT<sup>۴</sup>، SDN<sup>۵</sup>، NFV<sup>۶</sup> و رایانش ابری<sup>۷</sup> بوده است. این مهم به‌ویژه در شبکه‌های نسل پنچ، بیش از پیش خودنمایی می‌کند.

شروع توسعه شبکه‌های نسل دو به‌مانند GSM<sup>۸</sup> در دهه ۱۹۸۰، با تمرکز بر ارائه خدماتی نظیر تبادل تماس<sup>۹</sup> صوتی و SMS<sup>۱۰</sup> شکل گرفت. اما به‌مرور نقطه تمرکز به ارائه خدمات مبتنی بر کلیدزنی بسته‌ای<sup>۱۱</sup> نیز معطوف گشت (GPRS<sup>۱۲</sup> و Edge). توسعه شبکه‌های نسل سه<sup>۱۳</sup> UMTS، بسان پلی بود که ما را بیش از پیش، بدین هدف نزدیک‌تر می‌نمود. در سال ۲۰۰۴، ایده‌های اولیه شبکه‌های

<sup>۱</sup>Penetration Coefficient

<sup>۲</sup>GSM Association

<sup>۳</sup>Multiple Input Multiple Output

<sup>۴</sup>Internet of Things

<sup>۵</sup>Software Defined Networks

<sup>۶</sup>Network Function Virtualization

<sup>۷</sup>Cloud Computing

<sup>۸</sup>Global System for Mobile Communication

<sup>۹</sup>Call

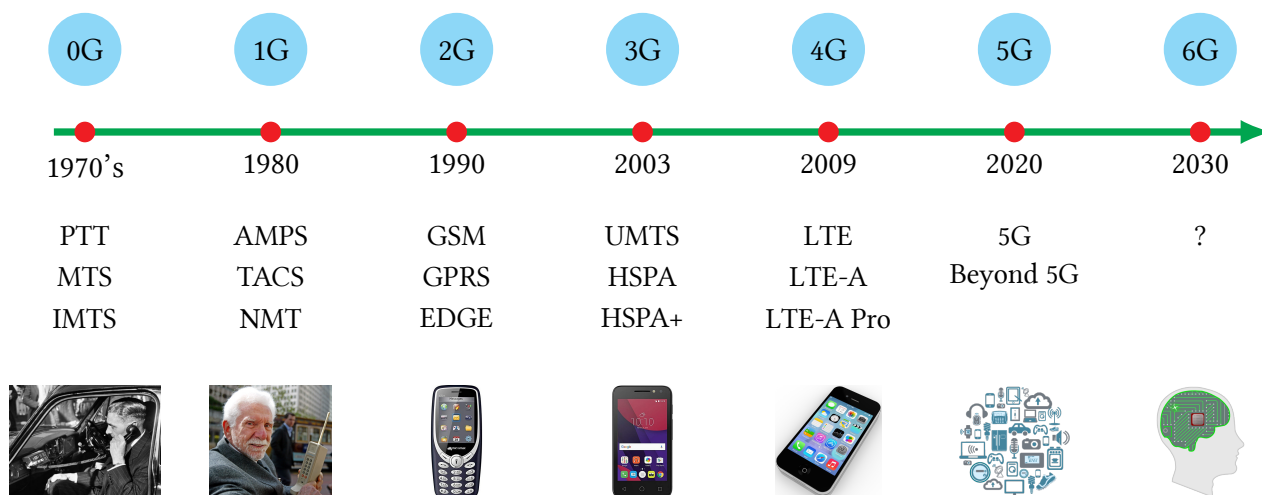
<sup>۱۰</sup>Short Message Service

<sup>۱۱</sup>Packet Switch

<sup>۱۲</sup>General Packet Radio Service

<sup>۱۳</sup>Universal Mobile Telecommunications System





شکل ۱.۱: نسل‌های مختلف شبکه‌های تلفن همراه

نسل چهار (LTE<sup>14</sup> و LTE-Adv)، با هدف ایجاد یک شبکه دسترسی با سرعت و ظرفیت بالا، قابلیت ارائه خدمات مختلف و انعطاف در تعامل با دیگر شبکه‌ها، تدوین گشت. در حال حاضر 4G با سرعت سرسام‌آوری در حال توسعه جایگاه خویش در میان شبکه‌های تلفن همراه است، تا جایی که در سال ۲۰۱۸ در حدود ۴۷ درصد کل ارتباطات تلفن همراه را به خود تخصیص داده است [۲].

ITU<sup>15</sup> در پروژه IMT-2020، سه ویژگی کلیدی 5G را ارتباطات پرشمار ماشینی (مانند IoT)، پایداری و با تأخیر<sup>۱۶</sup> اندک برمی‌شمارد. انتظار بر آن است که 5G از لحاظ پوشش، سرعت و تأخیر عملکرد چشمگیری نسبت به 4G از خود نشان دهد. برطبق نمودار Gartner سرمایه‌گذاری و کار بر روی 5G حداقل تا یک دهه آینده ادامه خواهد داشت. تحقیقات بر روی شبکه‌های نسل جدید 6G از هم اکنون آغاز گشته و رد پای آن را در برخی از مقالات پژوهشی موجود در این حوزه می‌توان یافت (شکل ۱.۱).

## ۱.۱ طرح مسئله

**تعریف ۱.۱** QoS توانایی شبکه برای فراهم آوردن یک خدمت مشخص با یک سطح اطمینان معین را کیفیت خدمت (QoS) می‌نامیم.

## ۲.۱ چالش‌ها و انگیزه

## ۳.۱ نوآوری‌ها

نوآوری‌های این پایان‌نامه به طور خلاصه به شرح زیر است:

✓ ارایه یک روش نوین برای بهینه‌سازی ....

<sup>14</sup>Long Term Evolution

<sup>15</sup>International Telecommunication Union

<sup>16</sup>Delay

## ۴.۱ ساختار گزارش

نخست در **فصل ۲**، تعاریف و مفاهیم مبنایی در حوزه‌ی شبکه‌های تلفن همراه مانند معماری <sup>17</sup>UE بیان می‌شود. در **فصل ۳**، به معرفی و بررسی کارهای پیشین انجام شده در این حوزه پرداخته خواهد شد. در **فصل ۴**، روش پیشنهادی این پژوهش ارائه خواهد شد که شامل استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از درایو تست<sup>18</sup>، مدل‌سازی کانال، و به‌کارگیری روش‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی دقیق‌تر و بهبود عملکرد شبکه است. در **فصل ۵** نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های متعدد روش پیشنهادی را تحلیل کرده و در نهایت در **فصل ۶** به جمع‌بندی این پژوهش خواهیم پرداخت.

---

<sup>17</sup>User Equipment

<sup>18</sup>Drive Test

## فصل ۲

# مفاهیم پایه‌ای

در این فصل در تلاش هستیم تا مفاهیمی که خواننده برای درک هر چه بهتر و بیشتر موضوع مورد پژوهش نیاز دارد را به اختصار بیان کنیم. نخست در **بخش ۱.۲** اندکی در مورد معماری<sup>۱</sup> UE در شبکه‌های تلفن همراه سخن به میان خواهد آمد. سپس در؟؟، توضیحاتی در مورد مدل انتشار کانال<sup>۲</sup> ارائه خواهد شد. در انتها نیز در **بخش ۱.۲** به توضیح پارامترهای واسط هوایی در شبکه‌های تلفن همراه پرداخته خواهد شد.

## ۱.۲ معماری UE در شبکه‌های تلفن همراه

UE یک واسط چندرسانه‌ای برای ارائه خدمات شبکه به کاربر است. در حقیقت UE همان ابزاری است که کاربر برای مبادله اطلاعات با شبکه، مورد استفاده قرار می‌دهد. معماری UE در شبکه‌های GSM تا شبکه‌های نسل پنچ تفاوت چندانی نکرده است.

---

<sup>1</sup>Architecture

<sup>2</sup>Propagation Channel Model

## فصل ۳

# مروری بر کارهای پیشین

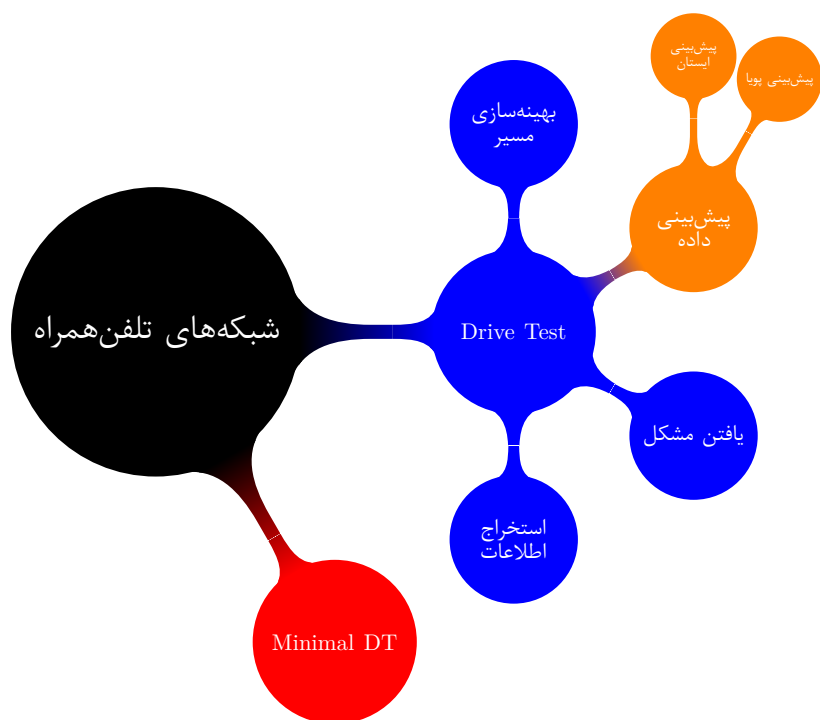
مسئله‌ی بهینه‌سازی شبکه‌های تلفن همراه از جنبه‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است که می‌توان آن‌ها را در دسته‌بندی‌های گوناگونی قرار داد. از دیدگاه جمع‌آوری داده به جهت بهینه‌سازی، می‌توان آن را به دو دسته‌ی جمع‌آوری داده سمت UE و جمع‌آوری داده سمت شبکه دسته‌بندی کرد. عملیات درایو تست از جمله روش‌های جمع‌آوری داده سمت UE و <sup>1</sup>MDT از جمله روش‌های جمع‌آوری داده سمت شبکه است. در [شکل ۱.۳](#) حوزه‌های مختلف بهینه‌سازی که در ادامه‌ی این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند، قابل مشاهده است.

### ۱.۳ بهینه‌سازی مسیر

### ۲.۳ حل مشکلات

---

<sup>1</sup>Minimization of Drive Test



شکل ۱.۳: حوزه‌های بهینه‌سازی شبکه‌های تلفن همراه از دیدگاه جمع‌آوری داده



Yuliarman Saragih [6] (د)



Peerapong Uthansakul [5] (ج)



Marco Sousa [4] (ب)



L. Medriavin Silalahi [3] (آ)

## فصل ۴

# شرح روش پیشنهادی

در این فصل، قصد داریم روشی برای بهینه‌سازی مسیر انجام درایو تست ارائه دهیم که با استفاده از آن، دیگر نیازی به بررسی تمامی موقعیت‌ها و نقاط جغرافیایی یک ناحیه از نقشه نیست و می‌توان با پیمایش یک مسیر کوتاه‌تر، به جمع‌آوری داده‌هایی که نشان‌دهنده‌ی وضعیت سیگنال در آن ناحیه هستند، پرداخت.

در ابتدا، مدل سامانه و فرضیات مساله در **بخش ۱.۴** مورد بررسی قرار می‌گیرد و پس از آن، در **بخش ۲.۴**، روش پیشنهادی در چهار گام تشریح می‌شود. این رویکرد به گونه‌ای طراحی شده است تا عملگرهای شبکه‌های تلفن همراه بتوانند با بهبود فرآیند جمع‌آوری داده‌ها، کارایی و بهره‌وری عملیات درایو تست را افزایش دهند و به طور همزمان هزینه‌ها و زمان مورد نیاز برای انجام این عملیات‌ها را کاهش دهند.

### ۱.۴ مدل سامانه و فرضیات

### ۲.۴ تشریح روش پیشنهادی

نماد	توضیحات
$W \times H$	ابعاد بخش مستطیلی از نقشه
$K$	تعداد ناحیه‌های مستطیلی کوچک
$N$	تعداد کل نقاط بحرانی انتخاب شده برای درایو تست
$M$	حداکثر تعداد نقاط بحرانی‌ای انتخاب شده در هر ناحیه
$B^i$	مجموعه‌ی ایستگاه‌های پایه ناحیه $i$ -ام
$P^i$	مجموعه‌ی نقاط بحرانی ناحیه $i$ -ام
$\mathbb{C}(i, d_i)$	دایره‌ای به مرکز نقطه‌ی مرکزی ناحیه‌ی $i$ -ام و شعاع $d_i$ به اندازه‌ی قطر این ناحیه‌ی مستطیلی
$O^i$	اجتماع ایستگاه‌های پایه و نقاط بحرانی ناحیه‌ی $i$ -ام و ایستگاه‌های پایه و نقاط بحرانی ناحیه‌های همسایه‌ی واقع در دایره‌ی $\mathbb{C}(i, 0.7d_i)$
(lat, lon)	مختصات نقطه‌ای در دستگاه مختصات جغرافیایی
$\text{lat}_{\min}^i$	حداقل عرض جغرافیایی نقاط ناحیه‌ی $i$ -ام
$\text{lon}_{\max}^i$	حداکثر طول جغرافیایی نقاط ناحیه‌ی $i$ -ام

## قضیه ۱.۴

در صورتی که نسبت جابه‌جایی بین دو اندازه‌گیری متوالی با فاصله یکی از آن‌ها به اندازه کافی کوچک باشد، می‌توان نتیجه گرفت که  $d_{i+1} \approx d_i$ .

**اثبات.** مثلث مشخص شده در را یک بار دیگر در نظر بگیرید. از روابط مثلثاتی می‌دانیم که

$$l_{i,i+1}^2 = d_{i+1}^2 + d_i^2 - 2d_i d_{i+1} \cos \alpha, \quad (1.4)$$

که در آن  $l_{i,i+1}$  بیانگر میزان جابه‌جایی بین دو اندازه‌گیری متوالی است.

■

اکنون لم زیر را بدین‌منظور در نظر بگیرید.

**لم ۱.۴.** متغیر تصادفی  $P^d$  از توزیع گاوسی<sup>۲</sup> با میانگین<sup>۳</sup> صفر و انحراف استاندارد<sup>۴</sup>  $\sqrt{2}\sigma$  پیروی می‌کند.

**اثبات لم.** می‌دانیم که  $n_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma)$  و برای نويز

□

<sup>1</sup>Random Variable

<sup>2</sup>Gaussian Distribution

<sup>3</sup>Average

<sup>4</sup>Standard Deviation

**Input:**  $N$  Critical points,  $K$  partitions.

**Output:** Approximate TSP solution.

```

1: Initialize  $curPart \leftarrow$  bottom-left partition
2: Initialize  $curPoint \leftarrow$  a random point in  $curPart$ 
3: Mark  $curPoint$  as visited
4: repeat
5:   while unvisited points in  $curPart$  do
6:     Find nearest point  $nextPoint$  to  $curPoint$ 
7:     Mark  $nextPoint$  as visited
8:      $curPoint \leftarrow nextPoint$ 
9:   end while
10:  if unvisited partitions remain then
11:    Move to next partition (spiral/row-by-row)
12:     $curPart \leftarrow$  next partition
13:    Find nearest point in  $curPart$  to  $curPoint$ 
14:     $curPoint \leftarrow$  this nearest point
15:    Mark  $curPoint$  as visited
16:  end if
17: until all points visited

```

---

نمایی از الگوریتم پیشنهادی به صورت سودوکد در ۱ نشان داده شده است.



## فصل ۵

# شبیه‌سازی

### ۱.۵ وارد کردن کد در متن

مثالی از نوشتن کد مطلب درون یک نوشتار:

```
1 clc
2 clear all
3 close all
4
5 % define a continuous function
6 f = '4*sin(2*pi*t)';
7
8 % plot a figure
9 ezplot(f);
```

در این مثال یک کد MATLAB دیگر وارد می‌کنیم، با این تفاوت که می‌خواهیم یکسری از کلمات کلیدی را مشخص کنیم که لاتک آن‌ها را با رنگی به خصوصی نشان دهد.

```
1 % Initialization
```

```

2  clc
3  clear all
4  close all
5
6  n = 100000;
7  p = .5;
8  means = binornd(n,p,1000,1);

```

مثالی دیگر از نوشتن کد مطلب در یک نوشتار. فقط در این حالت می خواهیم برخی از تنظیمات پیش فرض را که قبل از شروع نوشتار تعیین کرده ایم، تغییر دهیم.

```

1  clc
2  clear all
3  close all
4
5  % Define a continuous function
6  f = '4*sin(2*pi*t)';
7
8  % Sampling frequency
9  Fs = .05;
10
11 % duration = 1 sec (0 to 1 sec)
12
13 % Number of samples
14 symNum = 1/Fs;
15
16 % Samples
17 samples = zeros(1,symNum);
18
19 % Sampling
20 counter = 1;
21 for t=0:.05:1
22
23     samples(counter) = subs(f,t);
24     counter = counter + 1;
25
26 end

```

در ضمن شما می توانید حتی در خود همین نوشتار اصلی خود کد مورد نظرتان را بنویسید.

```

1  // calculate  $a_{ij}$ 
2   $a_{ij} = a_{jj}/a_{ij} + \alpha$ ;

```

## فصل ۶

# نتیجه‌گیری و کارهای آینده

۱.۶ نتیجه‌گیری

۲.۶ کارهای آینده

- [1] GSMA, "The Mobile Economy 2024," [Online], Available: <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/wp-content/uploads/2024/02/260224-The-Mobile-Economy-2024.pdf>, 2024.
- [2] Globenewswire, "LTE Achieves 4 Billion Connections Worldwide at end of 2018 — 47% of all Cellular Connections," [Online], Available: <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/03/20/1758189/0/en/LTE-Achieves-4-Billion-Connections-Worldwide-at-end-of-2018-47-of-all-Cellular-Connections.html>, 2019.
- [3] L. M. Silalahi, S. Budiyo, F. A. Silaban, I. U. V. Simanjuntak, and A. D. Rochendi, "Improvement of quality and signal coverage lte in bali province using drive test method," in *2021 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, pp.376–380, IEEE, 2021.
- [4] M. Sousa, A. Alves, P. Vieira, M. P. Queluz, and A. Rodrigues, "Analysis and optimization of 5g coverage predictions using a beamforming antenna model and real drive test measurements," *IEEE Access*, vol.9, pp.101787–101808, 2021.
- [5] S. Charoenlap and P. Uthansakul, "Prediction of interference areas for 3g network based on drive test and throughput data," in *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, pp.1–5, IEEE, 2016.
- [6] O. M. Aprillia, Y. Saragih, I. Lammada, E. S. Agatha, A. Wijaya, and N. T. Nhu Van, "Rf 4g network performance result based on android drive test collection tools automatically extracted by yaiao application at the universitas singaperbangsa karawang case study," in *2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT)*, pp.291–295, 2020.

# واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

## C

Call ..... تماس

Cloud Computing ..... رایانش ابری

## D

Delay ..... تاخیر

Drive Test ..... درایو تست

## P

Packet Switch ..... کلیدزنی بسته‌ای

Penetration Coefficient ..... ضریب نفوذ

# واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

## ت

تاخیر ..... Delay  
تماس ..... Call

## د

درایو تست ..... Drive Test

## ر

رایانش ابری ..... Cloud Computing

## ض

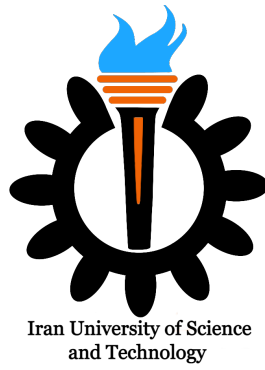
ضریب نفوذ ..... Penetration Coefficient

## ک

کلیدزنی بسته‌ای ..... Packet Switch

**Abstract**

**Key Words:**



School of Computer Engineering

Computer Networks Group

## **Title**

Master's Thesis

In the field of Computer Engineering—Computer Networks

## **Name**

Advisor

Dr. ....

June 2023