

چند سال



دانشگاه اصفهان
دانشکده مهندسی کامپیوتر
گروه مهندسی نرم افزار

مدل کردن مدار الکتریکی به وسیله نظریه گراف

مهرداد قصابی

استاد راهنما

دکتر پیمان ادیبی

شهریور ۱۴۰۱



دانشگاه اصفهان
دانشکده مهندسی کامپیوتر
گروه مهندسی نرم افزار

هیأت داوران پروژه کارشناسی آقای / خانم مهرداد قصابی به شماره دانشجویی ۹۷۳۶۱۳۰۶۰
در رشته مهندسی نرم افزار را در تاریخ با عنوان «مدل کردن مدار الکتریکی به وسیله نظریه گراف» و
نمره نهایی زیر ارزیابی کرد.

به عدد	به حروف

با نمره نهایی

نام و نام خانوادگی استاد داور:

تاریخ و امضا:

نام و نام خانوادگی استاد راهنما:

تاریخ و امضا:

تقدیم به:

مادرم که همه درد هایم را مرهم است

سپاس گزاری

سپاس و آفرین خداوندگار جان آفرین راست ، اوی که آدمی را به گوهر خرد آراست.
در آغاز دستان پدر و مادر نازنینم را به پاس مهر بیکرانیشان به گرمی میفشارم، و از استاد راهنما خود جناب آقای دکتر پیمان ادیبی بابت زمانی که گذاشتند سپاس گزاری میکنم
و در پایان، سپاس گزاری میکنم از همه اعضای خانواده دانشکده مهندسی کامپیوتر اصفهان به ویژه دوستانم که بهترین روز های زنگانیم را رقم زدند.

مهرداد قصابی

شهریور ۱۴۰۱

چکیده

یک مدار الکتریکی، مجموعه ای از عناصر الکتریکی است که توسط سیم به یکدیگر متصل شده اند، هدف از مطالعه یک مدار الکتریکی یافتن متغیر هایی مانند جریان الکتریکی هر عنصر و به طور کلی منطق چیره بر کل مدار است که اصطلاحاً به آن پاسخ مدار میگویند.

دانش محاسبه دانشی است که به یافتن خودکار پاسخ مسائل می پردازد، برای یافتن پاسخ یک مدار الکتریکی به صورت خودکار، نخست بایستی مسئله به صورت ریاضی مدل شود، در این مقاله تلاش شده است که با استفاده از نظریه گراف، مدار الکتریکی را به صورت ریاضی مدل شده و سپس به کمک الگوریتم های گراف و جبر خطی پاسخ آن به صورت خودکار یافت گردد.

واژگان کلیدی مدار الکتریکی، نظریه گراف، دانش محاسبات، جبر خطی

فهرست مطالب

ث	فهرست تصاویر
ج	فهرست جداول
چ	فهرست الگوریتم‌ها
ح	فهرست برنامه‌ها
۱	فصل ۱: دیباچه
۱	۱.۱ هدف پژوهش
۲	۲.۱ کاربرد پژوهش
۲	۳.۱ ساختار پایان نامه
۳	فصل ۲: مدار الکتریکی و منطق چیره بر آن
۳	۱.۲ پیشگفتار
۴	۲.۲ تاریخچه
۴	۳.۲ قانون اهم
۴	۴.۲ عناصر یک مدار
۴	۱.۴.۲ مقاومت
۵	۲.۴.۲ باتری
۵	۳.۴.۲ خازن
۵	۴.۴.۲ سلف

۵.۲	قوانین کیرشهف	۶
۱.۵.۲	قانون جریان کیرشهف	۶
۲.۵.۲	قانون اختلاف پتانسیل کیرشهف	۶
۷	فصل ۳: نظریه گراف	۷
۱.۳	پیشگفتار	۷
۲.۳	گراف	۷
۳.۳	دورهای ساده گراف	۸
۱.۳.۳	پیدا کردن دورهای ساده گراف	۸
۲.۳.۳	شبه کد پیدا کردن دورهای ساده گراف	۹
۱۱	فصل ۴: جبر خطی	۱۱
۱.۴	مقدمه	۱۱
۲.۴	محتوا	۱۱
۳.۴	اعتبارسنجی	۱۲
۱۳	فصل ۵: بحث و نتیجه گیری	۱۳
۱.۵	مقدمه	۱۳
۲.۵	محتوا	۱۴
۱.۲.۵	جمع بندی	۱۴
۲.۲.۵	نواوری	۱۴
۳.۲.۵	پیشنهاها	۱۵
۴.۲.۵	محدودیت ها	۱۵
۱۶	مراجع	۱۶
۱۸	پیوست ۶: آشنایی سریع با برخی دستورات لاتک	۱۸
۱.۶	بندها و زیرنویس ها	۱۸

۲.۶	فرمول‌های ریاضی	۱۹
۱.۲.۶	یک زیربخش	۱۹
۱.۱.۲.۶	یک زیرزیربخش	۱۹
۳.۶	نوشته‌های فارسی و انگلیسی مخلوط	۲۰
۴.۶	افزودن تصویر به نوشته	۲۰
۵.۶	محیط‌های شمارش و نکات	۲۱
۶.۶	تعریف و قضیه	۲۲
۷.۶	چگونگی نوشتن و ارجاع به مراجع	۲۲
پیوست ۷: جدول، نمودار و الگوریتم در لاتک		
۱.۷	جدول	۲۴
۲.۷	معادلات ریاضی و ماتریس‌ها	۲۵
۳.۷	الگوریتم	۲۶
۱.۳.۷	الگوریتم ساده با دستورهای فارسی	۲۶
۲.۳.۷	الگوریتم پیچیده و تودرتو با دستورهای فارسی	۲۶
۳.۳.۷	الگوریتم با دستورهای لاتین	۲۶
۴.۷	کد	۲۸
۵.۷	تصویر	۲۸
۶.۷	نمودار	۲۹
۷.۷	نحوه قرارگیری اشیای شناور	۲۹
پیوست ۸: مراجع، واژه‌نامه و حاشیه‌نویسی		
۱.۸	مراجع و نقل قول‌ها	۳۱
۱.۱.۸	مدیریت مراجع با BibTeX	۳۲
۲.۱.۸	سبک‌های مورد تأیید دانشگاه تهران	۳۳
۳.۱.۸	سبک‌های فارسی قابل استفاده در زی‌پرشین	۳۴
۴.۱.۸	ساختار فایل مراجع	۳۵

۳۶	نحوه اجرای BibTeX	۵.۱.۸
۳۷	واژه‌نامه‌ها و فهرست اختصارات	۲.۸
۳۸	حاشیه‌نویسی در نسخه پیش‌نویس	۳.۸

فهرست تصاویر

۱.۳	یک گراف بدون جهت شامل دو دور ساده	۸
۲.۳	درخت پوشای کمینه شکل ۱.۳	۹
۳.۳	دو گراف تک ساده دور شکل ۱.۳	۹
۱.۶	در این تصویر یک شیر علاقه مند به لاک را در حال دویدن می بینید.	۲۰
۱.۷	دو شیر	۲۹
۲.۷	یک نمودار زیبا با ارقام فارسی و قابلیت بزرگ نمایی بسیار، بدون از دست دادن کیفیت.	۳۰

فهرست جداول

۲۴	مدلهای تبدیل. ۱.۷
۲۵	مدلهای تبدیل دیگر. ۲.۷

فهرست الگوریتم‌ها

۱۰	الگوریتم پیدا کردن مجموعه دور های ساده گراف	۱.۳
۲۶	الگوریتم DLT برای تخمین ماتریس هوموگرافی	۱.۷
۲۷	الگوریتم اجرای برنامه شبیه سازی	۲.۷
۲۸	الگوریتم RANSAC برای تخمین ماتریس هوموگرافی	۳.۷

فهرست برنامه‌ها

۱۰۷	نمونه کد MATLAB	۲۸
-----	-----------------	----

فصل ۱

دیباچه

۱.۱ هدف پژوهش

هدف از این پژوهش، یافتن پاسخ برای مدارهای الکتریکی به صورت خودکار^۱ است، برای یافتن پاسخ هر مسئله به صورت خودکار نیاز است آن مسئله به صورت ریاضی مدل شود، در این مقاله برای مدل کردن مدار الکتریکی به صورت ریاضی از نظریه گراف^۲ استفاده شده است، بدین صورت که گره های مدار الکتریکی به عنوان گره های گراف در نظر گرفته شده و شاخه های مدار به عنوان یال های گراف در نظر گرفته میشود. برای ایجاد یک مدل ریاضی^۳ خوب از مدارهای الکتریکی بایستی تمامی منطق چیره بر مدارهای الکتریکی را در مدل خود بنهانیم، برای اینکار بایستی دانش های مختلفی را در هم آمیزیم، این دانش های در هم آمیخته^۴ عبارت اند از دانش محاسبه،^۵ فیزیک،^۶ جبر خطی،^۷ معادلات دیفرانسل،^۸ نظریه گراف، داده ساختارها^۹ و طراحی الگوریتم.^{۱۰}

¹ automated

² graph theory

³ mathematical model

⁴ multidisciplinary science

⁵ Computational science

⁶ physic

⁷ linear algebra

⁸ differential equation

⁹ data structure

¹⁰ algorithm design

۲.۱ کاربرد پژوهش

با پیشرفت چشمگیر قدرت محاسبه رایانه ها در قرن بیستم، خودکار سازی پاسخ به مسائل و امکان یافتن جواب ها به صورت خودکار گسترش یافت. از این دسته تلاش ها میتوان به مسئله دهم هیلبرت^{۱۱} اشاره کرد. یافتن خودکار پاسخ مدار های الکتریکی نیز یکدیگر از این مسئله هاست کما اینکه امروزه نرم افزار های زیادی مانند pspice به وجود آمده اند که دانشجویان برق را در حل پیچیده ترین مدار ها یاری میکنند. پژوهش حاضر تلاشش بر بهبود الگوریتم های حل مدار و مدل کردن مدار الکتریکی به صورت یک داده ساختار است به گونه ای که بتوان از الگوریتم های ساختمان های داده و نظریه گراف در حل مدار های الکتریکی بهره جست.

۳.۱ ساختار پایان نامه

ساختار پایان نامه بدین گونه است که در فصل دوم، سوم و چهارم به ترتیب به استفاده از دانش های فیزیک، نظریه گراف و جبر خطی پرداخته شده و سپس در فصل پنجم تلاش بر درهم آمیزی دانش های یاد شده برای مدل کردن مدار الکتریکی و یافتن پاسخ آن است. و نهایتا در فصل ششم که فصل پایانی است نتیجه گیری انجام میشود و پیشنهادهایی برای ادامه پژوهش داده میشود.

^{۱۱} در سال ۱۹۴۴ امیل لئون پست اثبات کرد که مسئله دهم هیلبرت تصمیم پذیر نیست بنابراین در این دسته از مسائل منظور از خودکار سازی یافتن پاسخ به معنای کمک گرفتن از قدرت محاسباتی رایانه است

فصل ۲

مدار الکتریکی و منطق چیره بر آن

۱.۲ پیشگفتار

هدف از این فصل که «مدار الکتریکی و منطق چیره بر آن» نامیده شده آشکار ساختن قوانین چیره بر مدار های الکتریکی است، قوانینی مانند قانون اهم^۱ و قوانین کیرشهف^۲ که نقش اصلی را در یافتن پاسخ مدار بازی میکنند.

- در این فصل تلاش شده که تاریخچه کار بر روی قوانین چیره بر مدار های الکتریکی به صورت مختصر بیان شود.
- قوانین فیزیکی که در فصل های آینده مورد استفاده قرار گرفته معرفی شده اند.
- قوانین یاد شده نقش اصلی را در یافتن پاسخ مدار بازی میکنند بنابراین بایستی بر مدل نهایی که یک مفهوم تجریدی^۳ است نیز چیره باشند.

¹ ohm law

² kirchhoff laws

³ abstract mathematics

۲.۲ تاریخچه

شاید آلساندرو ولتا را بتوان نخستین فردی نامید که در قرون معاصر بر روی مدار های الکتریکی کار کرده است، در ابتدای قرن نوزدهم او دریافت که با متصل کردن دو کاسه نمک به وسیله نوار های فلزی میتواند جریان الکتریکی را بین آنها جاری کند. مطالعات بر روی مدار های الکتریکی در قرن نوزدهم ادامه یافت و از دانشمندان مهمی که در این زمینه کار کردند میتوان آندره-ماری آمپر و گئورگ زیمنون اهم را نام برد. در سال ۱۹۸۷ و در «کنفرانس عمومی وزن و اندازه گیری» یکای سه کمیت اختلاف پتانسیل الکتریکی، جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی به نام سه دانشمند یاد شده به ترتیب ولت، آمپر، اهم نام گرفت.

۳.۲ قانون اهم

نسبت اختلاف پتانسیل با جریان الکتریکی یک ماده در دمای ثابت همیشه برابر است این کمیت مقاومت الکتریکی آن ماده نامیده میشود که همانطور که پیشتر یاد شد یکای آن به افتخار گئورگ زیمنون اهم، اهم نام گرفت.

$$R = \frac{V}{I} \quad (۱.۲)$$

۴.۲ عناصر یک مدار

عناصر الکتریکی مدار، اجزایی از مدار هستند که تغییری در انرژی مدار به وجود میاورند که خود به دو دسته عناصر کنش پذیر و عناصر کنش ناپذیر تقسیم میشوند. از عناصر فعال میتوان منبع ولتاژ، منبع جریان و از عناصر غیر فعال میتوان مقاومت، سلف و خازن را نام برد.^۴

۱.۴.۲ مقاومت

مقاومت یکی از عناصر کنش ناپذیر مدار است که باعث افت جریان در مدار میشود، در واقع مقاومت یک مصرف کننده است که انرژی تولیدی توسط مدار را استفاده میکند.

^۴ در پروژه حاضر از تمامی اجزا مدار مانند منبع جریان پشتیبانی نمیشود برای اطلاعات بیشتر پیشنهاد را بخوانید

۲.۴.۲ باتری

باتری نیز یکی از عناصر کنش ناپذیر مدار الکتریکی است که باعث به وجود آمدن انرژی در مدار میشود. از آنجایی که باتری غیر ایده آل^۵، دارای مقاومت درونی است باتری با افت ولتاژ مواجه میشود در نتیجه یک غیر ایده آل مانند یک باتری ایده آل به همراه یک مقاومت رفتار میکند.

$$V = \epsilon - Ir \quad (۲.۲)$$

۳.۴.۲ خازن

خازن یا انباره همانطور که از اسمش پیداست یکی از اجزای کنش پذیر^۶ مدار است که انرژی را در خود ذخیره میکند مدار هایی که شامل خازن و مقاومت هستند RC نامیده میشوند که از جبر خطی پیروی میکنند.

$$I = C \frac{dV}{dt} \quad (۳.۲)$$

۴.۴.۲ سلف

سلف یا سیم پیچ^۷ یکی از عناصر کنش پذیر مدار الکتریکی است که انرژی را به صورت مغناطیسی ذخیره میکند. مدار هایی که شامل سلف و مقاومت هستند RL نامیده میشود. مدار های RL نیز مانند مدار های RC از منطق جبر خطی پیروی میکنند.^۸

$$V = L \frac{dI}{dt} \quad (۴.۲)$$

^۵ به باتری که مقاومت درونی نداشته باشد باتری ایده آل میگویند.

^۶ منظور از کنش پذیری همان passive بودن یا به عبارت دیگر غیرفعال بودن است.

^۷ در زبان انگلیسی به آن inductor میگویند

^۸ مدار های شامل مقاومت، سلف و خازن را RLC می نامند که از جبر غیر خطی پیروی میکنند، در پروژه حاضر از آن پشتیبانی نمیشود.

۵.۲ قوانین کیرشهف

قوانین کیرشهف که از دو بخش تشکیل شده خود صورتی از قانون پایستگی انرژی هستند.

۱.۵.۲ قانون جریان کیرشهف

قانون جریان کیرشهف که به صورت مخفف kcl خوانده میشود بیان میکند که مجموع جریان های ورودی و خروجی^۹ یک شاخه برابر صفر است.

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (5.2)$$

۲.۵.۲ قانون اختلاف پتانسیل کیرشهف

قانون اختلاف پتانسیل کیرشهف که به صورت مخفف kvl خوانده میشود بیان میکند که در یک حلقه بسته از مدار مجموع اختلاف پتانسیل عناصر مدار برابر با صفر است.

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0 \quad (6.2)$$

^۹ جریان ورودی و خروجی در علامت متفاوت هستند معمولا جریان خروجی را منفی و جریان ورودی را مثبت در نظر میگیرند

فصل ۳

نظریه گراف

۱.۳ پیشگفتار

نظریه گراف نقش مهمی را در بسیاری از علوم دیگر بازی میکند، بسیاری از مفاهیم پیچیده از علوم فیزیک و شیمی گرفته تا علوم کامپیوتر توسط نظریه گراف توصیف میشود. در این فصل علاوه بر مرور مختصر بر مفاهیم گراف، به الگوریتم‌هایی که در یافتن پاسخ خودکار مدار به ما یاری می‌رسانند پرداخته میشود.

۲.۳ گراف

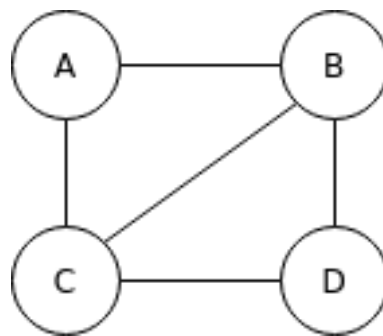
گراف یک جفت مرتب^۱ به صورت $G = (V, E)$ است به گونه ای که V مجموعه ای از راس های گراف و $E \subseteq \{(x, y) | (x, y) \in V^2\}$ مجموعه یال های گراف است. با توجه به گستردگی نظریه گراف انواع زیادی از مفاهیم و الگوریتم‌ها درباره گراف موجود است ما در این فصل به توضیح آنچه که در پروژه استفاده شده بسنده خواهیم کرد.

^۱ گراف میتواند جهت دار یا بدون جهت باشد اگر گراف یاد شده بی جهت باشد استفاده از عبارت «جفت» کافی است در غیر این صورت بایستی عبارت «جفت مرتب» را به کار برد.

۳.۳ دورهای ساده گراف

اگر در یک گراف مجموعه ای از یال ها از یک راس مشخص شروع شده و با همان راس یاد شده خاتمه یابد به آن مجموعه یک دور میگویم. به دوری یک دور ساده^۲ گوئیم هر آنگاه به جز راس نخستین و پایانی هیچ راس تکراری دیگری موجود نباشد یا به عبارت دیگر نتوان دور را به دور های کوچکتری شکست.

به عنوان مثال در شکل ۱.۳ دور ABDCA یک دور ساده نیست چرا که میتواند به دو دور ساده ABCA و BDCB شکسته شود.



شکل ۱.۳: یک گراف بدون جهت شامل دو دور ساده

۱.۳.۳ پیدا کردن دورهای ساده گراف

پیدا کردن تمامی دور های ساده گراف از آن جهت برای ما اهمیت دارد که در مدل نهایی هر دور ساده باعث یافتن یکی از KVL موجود در مدار میشود.

برای یافتن مجموعه دور های ساده موجود در گراف ابتدا نیاز به یافتن درخت پوشای کمینه^۳ گراف یاد شده داریم، برای اینکار الگوریتم های زیادی از جمله الگوریتم کراسکال^۴ و الگوریتم پریم^۵ طراحی شده است، در پروژه حاضر از کتابخانه networkx پایتون برای پیاده سازی استفاده شده است.

میتوان اثبات کرد که اگر یکی از یال های حذف شده را به درخت پوشای کمینه بیفزاییم یک و تنها یک دور ساده ایجاد میشود که ما با الگوریتم DFS^۶ آن دور را می یابیم، سپس با افزودن تمامی یال ها به صورت تک به تک تمامی دور های ساده یافت میشود.

^۲simple cycle

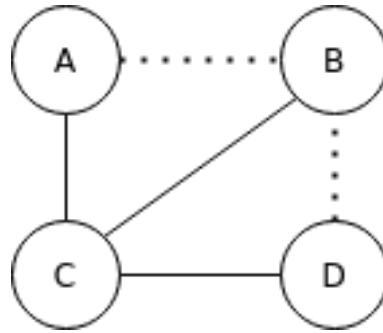
^۳minimum spanning tree

^۴kruskal

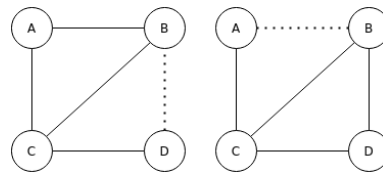
^۵prim

^۶depth first search

به عنوان نمونه آگه گراف شکل ۱.۳.۳.۱ ورودی ما باشد درخت پوشای کمینه ما شکل ۲.۳.۳.۲ خواهد بود که دارای دو یال قطع شده AB و BD است. که با نقطه چین نمایش داده شده اند. با اضافه کردن یال های قطع شده به صورت تک به تک دو گراف شکل ۳.۳ پدید می آیند که هر کدام دارای یک دور ساده هستند سپس همانطور که یاد شد با الگوریتم DFS دور های مورد نظر را می یابیم.



شکل ۲.۳: درخت پوشای کمینه شکل ۱.۳



شکل ۳.۳: دو گراف تک ساده دور شکل ۱.۳

۲.۳.۳ شبه کد پیدا کردن دور های ساده گراف

روند توضیح داده شده به صورت شبه کد، در الگوریتم (۱.۳) آمده است.

الگوریتم ۱.۳ پیدا کردن مجموعه دور های ساده گراف

ورودی: گراف

خروجی: مجموعه دور های ساده گراف

- ۱: درخت پوشای کمینه را پیدا کن.
 - ۲: یال های حذف شده از گراف برای تشکیل درخت را در یک استک ذخیره کن.
 - ۳: یکی از یال های استک یاد شده را پاپ کن و به درخت پوشای کمینه اضافه کن و یک گراف تشکیل بده.
 - ۴: گراف یاد شده دارای یک دور است آن دور را پیدا کن و به مجموعه دور های ساده اضافه کن.
 - ۵: اگر استک یاد شده خالی است به برنامه پایان بده در غیر این صورت به مرحله سوم برگرد.
-

فصل ۴

جبر خطی

۱.۴ پیشگفتار

ارائه داده‌ها، نتایج، تحلیل و تفسیر اولیه آنها در این فصل ارائه می‌شود. در ارائه نتایج با توجه به راهنمای کلی نگارش فصل‌ها، تا حد امکان، ترکیبی از نمودار و جدول استفاده شود. با توجه به حجم و ماهیت تحقیق و با صلاحدید استاد راهنما، این فصل می‌تواند تحت عنوانی دیگر بیاید. در صورتی که حجم داده‌ها زیاد باشد، بهتر است به صورت نمودار یا در قالب ضمیمه ارائه نشده و فقط نمونه‌ها در متن آورده شود. در این فصل باید به سوالات تحقیق، عطف به یافته‌های محقق، پاسخ داده شود. اگر تحقیق دارای آزمون فرض باشد، پذیرش یا عدم پذیرش فرضیه‌ها در این فصل گزارش می‌شود. این فصل حدود ۴۰ صفحه است.

۲.۴ محتوا

در این بخش به سوالات تحقیق، بر اساس داده‌ها و یافته‌های محقق، پاسخ داده می‌شود. داده‌ها با فرمت مناسبی ارائه می‌شوند؛ مدل (ها) اجرا شده و نتیجه آن مشخص می‌شود.

۳.۴ اعتبارسنجی

از طریق مقایسه نتایج با نتایج کارهای دیگران، استفاده از روش‌های تحلیل پایایی (reliability) و اعتبار (validity)، نظریه‌ری از خبرگان (expert judgment or feedback) و یا triangulation انجام می‌شود.

فصل ۵

بحث و نتیجه‌گیری

۱.۵ مقدمه

تاکنون شما در پایان‌نامه‌ای که مشغول نوشتن آن هستید، پاسخ چهار سؤال را داده‌اید:

- چرا تحقیق را انجام دادید؟ (مقدمه)
 - دیگران در این زمینه چه کارهایی کرده‌اند و تمایز کار شما با آنها؟ (مرور ادبیات)
 - چگونه تحقیق را انجام دادید؟ (روش‌ها)
 - چه از تحقیق به دست آوردید؟ (یافته‌ها)
- حال زمان آن فرا رسیده که با توجه به تمامی مطالب ذکر شده، در نهایت به سؤال آخر پاسخ دهید:
- چه برداشتی از یافته‌های تحقیق کردید؟ (نتیجه‌گیری)

در واقع در این بخش، هدف، پاسخ به این سوال است که چه برداشتی از یافته‌ها کردید و این یافته‌ها چه فایده‌ای دارند؟

نتیجه‌گیری مختصری بنویسید. ارائه داده‌ها، نتایج و یافته‌ها در فصل چهارم ارائه می‌شود. در این فصل تفاوت، تضاد یا تطابق بین نتایج تحقیق با نتایج دیگر محققان باید ذکر شود. تفسیر و تحلیل نتایج نباید بر اساس حدس و گمان باشد، بلکه باید بر مبنای نتایج عملی استخراج شده از تحقیق و یا استناد به تحقیقات دیگران باشد. با توجه به حجم و ماهیت تحقیق و با صلاح‌دید استاد راهنما، این فصل می‌تواند تحت عنوانی دیگر بیاید

یا به دو فصل جداگانه با عناوین مناسب، تفکیک شود. این فصل فقط باید به جمع‌بندی دست‌آوردهای فصل‌های سوم و چهارم محدود و از ذکر موارد جدید در آن خودداری شود. در عنوان این فصل، به جای کلمه «تفسیر» می‌توان از واژگان «بحث» و «تحلیل» هم استفاده کرد. این فصل شاید مهم‌ترین فصل پایان‌نامه باشد. در این فصل خلاصه‌ای از یافته‌های تحقیق جاری ارائه می‌شود. این فصل می‌تواند حاوی یک مقدمه، شامل مروری اجمالی بر مراحل انجام تحقیق باشد (حدود یک صفحه). مطالب پاراگراف‌بندی شود و هر پاراگراف به یک موضوع مستقل اختصاص یابد. فقط به ارائه یافته‌ها و دست‌آوردها بسنده شود و از تعمیم بی‌مورد نتایج خودداری شود. تا حد امکان از ارائه جداول و نمودارها در این فصل اجتناب شود. از ارائه عناوین کلی در حوزه تحقیق و قسمت پیشنهاد تحقیقات آتی خودداری شود و کاملاً در چارچوب و زمینه مربوط به تحقیق جاری باشد. این فصل حدود ۱۰-۱۵ صفحه است.

۲.۵ محتوا

به ترتیب شامل موارد زیر است:

۱۰.۲.۵ جمع‌بندی

خلاصه‌ای از تمام یافته‌ها و دست‌آوردهای تحقیق جاری است.

۲.۲.۵ نوآوری

این قسمت، نوآوری تحقیق را بر اساس یافته‌های آن تشریح می‌کند. که دارای دو بخش اصلی است:

۱. نوآوری تئوری، یعنی تمایز تئوریک کار با کارهای محققین قبلی.
۲. نوآوری عملی، یعنی توصیه‌های محقق به صنعت برای بهبود بخشیدن به کارها، بر اساس یافته‌های تحقیق.

۳.۲.۵ پیشنهادها

این بخش، عناوین و موضوعات پیشنهادی را برای تحقیقات آتی، بیشتر در زمینه مورد بحث در آینده ارائه می‌کند.

۴.۲.۵ محدودیت‌ها

در اینجا انواع محدودیت‌های تحقیق تشریح می‌شوند؛ از جمله، محدودیت‌هایی که کنترل آن از عهده محقق خارج است، مانند انتخاب نوع یافته‌ها؛ و همچنین دیگر محدودیت‌هایی که کنترل آن در دست محقق است، مانند موضوع و محل تحقیق و تأثیر این محدودیت‌ها بر یافته‌های تحقیق در این قسمت شرح داده می‌شوند.

مراجع

- [1] Amintoosi, M. and Fathy, M. Video resolution enhancement in the presence of moving objects. In *International Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition*, Las Vegas, USA, July 2009.
- [2] Baker, Simon and Kanade, Takeo. Limits on super-resolution and how to break them. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 24(9):1167–1183, 2002.
- [3] Borman, Sean. *Topics in Multiframe Superresolution Restoration*. PhD thesis, University of Notre Dame, Notre Dame, IN, may 2004.
- [4] Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E. *Digital Image Processing*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 3rd edition, 2006.
- [5] Khalighi, Vafa. Category theory. Master's thesis, Sydney Univ., April 2007.
- [6] Kim, Myung-Chul, Kim, Na-Yon, Seo, Yu-Ri, and Kim, Yongbaek. An integrated analysis of the genome-wide profiles of dna methylation and mrna expression defining the side population of a human malignant mesothelioma cell line. *Journal of Cancer*, 7(12):1668, 2016.
- [۷] استالینگ، ویلیام. اصول طراحی و ویژگیهای داخلی سیستم‌های عامل. ترجمه‌ی صدیقی مشکنانی، محسن و پدرام، حسین، ویراستار برنجکوب، محمود. نشر شیخ بهایی، اصفهان، ویرایش سوم، بهار ۱۳۸۰.
- [۸] امیدعلی، مهدی. خم‌های تک‌جمله‌ای تعریف شده توسط دنباله‌های تقریباً حسابی. پایان‌نامه دکترا، دانشکده ریاضی، دانشگاه امیرکبیر، تیر ۱۳۸۵.
- [۹] امین‌طوسی، م. و واحدی، م. راهنمای استفاده از سبک‌های فارسی برای bibTEX در زی‌پرشین. گروه پارسی‌لاتک، ۱۳۸۷. <http://www.parsilatex.com>.
- [۱۰] امین‌طوسی، محمود، مزینی، ناصر، و فتحی، محمود. افزایش وضوح ناحیه‌ای. در چهاردهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، صفحات ۱۰۱-۱۰۸، تهران، ایران، اسفند ۱۳۸۷. دانشگاه امیرکبیر.

[۱۱] تحصیلات تکمیلی. دستورالعمل نگارش و تدوین پایان‌نامه دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد و دکتری. <http://egufa.ut.ac.ir>، شهریور ۱۳۹۳. معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران.

[۱۲] خلیقی، وفا. زی‌پرشین (Xe_{La}Persian): بسته فارسی برای حروف‌چینی در L^AT_EX2e. <http://www.ctan.org/pkg/xepersian>، ۱۳۸۷.

[۱۳] واحدی، مصطفی. درختان پوشای کمینه دورنگی مسطح. مجله فارسی نمونه، ۱(۲): ۲۲-۳۰، آبان ۱۳۸۷.

[۱۴] پورموسی، امیرمسعود. بررسی رویدادهای ریزهمگرایی گرانشی تکراری در راستای مرکز کهکشان و ابرهای ماژلانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۸.

فصل ۶

آشنایی سریع با برخی دستورات لاتک

در این فصل ویژگی‌های مهم و پرکاربرد زی‌پرشین و لاتک معرفی می‌شود. برای راهنمایی بیشتر و به‌کاربردن ویژگی‌های پیشرفته‌تر به راهنمای زی‌پرشین و راهنمای لاتک مراجعه کنید. برای آگاهی از دستورات لاتک که این خروجی را تولید کرده‌اند فایل `appendix1.tex` را ملاحظه فرمایید.^۱

۱.۶ بندها و زیرنویس‌ها

هر جایی از نوشته خود، اگر می‌خواهید به سر سطر بروید و یک بند (پاراگراف) تازه را آغاز کنید، باید یک خط را خالی بگذارید^۲ مانند این:

حالا که یک بند تازه آغاز شده است، یک زیرنویس انگلیسی^۳ هم می‌نویسیم!

^۱بیشتر مطالب این بخش از مثال `xepersian_example.tex` گرفته شده‌اند که توسط آقای امیرمسعود پورموسی آماده شده است.
^۲یعنی دوبار باید کلید Enter را بزنید.

^۳English Footnote!

۲.۶ فرمول‌های ریاضی

اینجا هم یک فرمول می‌آوریم که شماره دارد:

$$A = \frac{c}{d} + \frac{q^2}{\sin(\omega t) + \Omega_{12}} \quad (1.6)$$

در لاتک می‌توان به کمک فرمان `\label{}` به هر فرمول یک نام نسبت داد. در فرمول بالا نام `eq:yek` را برایش گذاشته‌ایم (پرونده `tex` همراه با این مثال را ببینید). این نام ما را قادر می‌کند که بعداً بتوانیم با فرمان `\ref{eq:yek}` به آن فرمول با شماره ارجاع دهیم. یعنی بنویسیم فرمول ۱.۶. لاتک خودش شماره این فرمول‌ها را مدیریت می‌کند.^۴ این هم یک فرمول که شماره ندارد:

$$A = |\vec{a} \times \vec{b}| + \sum_{n=0}^{\infty} C_{ij}$$

این هم عبارتی ریاضی مانند $\sqrt{a^2 + b^2}$ که بین متن می‌آید.

۱.۲.۶ یک زیربخش

این زیربخش ۱.۲.۶ است؛ یعنی یک بخش درون بخش ۲.۶ است.

۱.۱.۲.۶ یک زیرزیربخش

این هم یک زیرزیربخش است. در لاتک می‌توانید بخش‌های تودرتو در نوشته‌تان تعریف کنید تا ساختار منطقی نوشته را به خوبی نشان دهید. می‌توانید به این بخش‌ها هم با شماره ارجاع دهید، مثلاً بخش فرمول‌های ریاضی شماره‌اش ۲.۶ است.

^۴ یعنی اگر بعداً فرمولی قبل از این فرمول بنویسیم، خودبه‌خود شماره این فرمول و شماره ارجاع‌ها به این فرمول یکی زیاد می‌شود. دیگر نگران شماره‌گذاری فرمول‌های خود نباشید!

۳.۶ نوشته‌های فارسی و انگلیسی مخلوط

نوشتن یک کلمه انگلیسی بین متن فارسی بدیهی است، مانند Example در این جمله.^۵ نوشتن یک عبارت چندکلمه‌ای مانند More than one word کمی پیچیده‌تر است. اگر ناگهان تصمیم بگیرید که یک بند کاملاً انگلیسی را بنویسید، باید:

This is an English paragraph from left to right. You can write as much as you want in it.

۴.۶ افزودن تصویر به نوشته

پرونده تصویر دلخواه خود را در کنار پرونده tex قرار دهید. سپس به روش زیر تصویر را در نوشته خود بیاورید:

```
\includegraphics{YourImageFileName}
```

به تصویرها هم مانند فرمول‌ها و بخش‌ها می‌توان با شماره ارجاع داد. مثلاً تصویر ۱.۶ یک شیر علاقه‌مند به لاتک را در حال دویدن نشان می‌دهد. برای جزئیات بیشتر درباره روش گذاشتن تصویرها در نوشته باید راهنماهای لاتک را بخوانید.



شکل ۱.۶: در این تصویر یک شیر علاقه‌مند به لاتک را در حال دویدن می‌بینید.

^۵ هرچند بهتر است باز هم آن کلمه را مانند Example در این جمله بنویسید.

به تصویرها هم مانند فرمول‌ها و بخش‌ها می‌توان با شماره ارجاع داد. مثلاً تصویر بالا شماره‌اش ۱.۶ است. برای جزئیات بیشتر دربارهٔ روش گذاشتن تصویرها در نوشته باید راهنماهای لاتک را بخوانید.

۵.۶ محیط‌های شمارش و نکات

برای فهرست کردن چند مورد، اگر ترتیب برایمان مهم نباشد:

- مورد یکم
- مورد دوم
- مورد سوم

و اگر ترتیب برایمان مهم باشد:

۱. مورد یکم
۲. مورد دوم
۳. مورد سوم

می‌توان مورد‌های تودرتو داشت:

۱. مورد ۱
۲. مورد ۲
 - (آ) مورد ۱ از ۲
 - (ب) مورد ۲ از ۲
 - (ج) مورد ۳ از ۲
۳. مورد ۳

شماره‌گذاری این مورد‌ها را هم لاتک انجام می‌دهد.

۶.۶ تعریف و قضیه

برای ذکر تعریف، قضیه و مثال مثالهای ذیل را ببینید.

تعریف ۱.۶.۶. مجموعه همه ارزیابی‌های (پیوسته) روی (X, τ) ، دامنه توانی احتمالی X نامیده می‌شود.

قضیه ۲.۶.۶ (باناخ-آلاگل). اگر V یک همسایگی $^{\circ}$ در فضای برداری توپولوژیکی X باشد و

$$K = \{\Lambda \in X^* : |\Lambda x| \leq 1; \forall x \in V\}, \quad (2.6)$$

آنگاه K ، ضعیف*-فشرده است که در آن، X^* دوگان فضای برداری توپولوژیکی X است به طوری که عناصر آن، تابعی‌های خطی پیوسته روی X هستند.

تساوی (۲.۶) یکی از مهم‌ترین تساوی‌ها در آنالیز تابعی است که در ادامه، به وفور از آن استفاده می‌شود.

مثال ۳.۶.۶. برای هر فضای مرتب، گردایه

$$U := \{U \in O : U = \uparrow U\}$$

از مجموعه‌های بالایی باز، یک توپولوژی تعریف می‌کند که از توپولوژی اصلی، درشت‌تر است.

حال تساوی

$$\sum_{n=1}^{+\infty} 3^n x + \forall x = \int_1^n \lambda n x + \exp(2nx) \quad (3.6)$$

را در نظر بگیرید. با مقایسه تساوی (۳.۶) با تساوی (۲.۶) می‌توان نتیجه گرفت که ...

۷.۶ چگونگی نوشتن و ارجاع به مراجع

در لاتک به راحتی می‌توان مراجع خود را نوشت و به آنها ارجاع داد. به عنوان مثال برای معرفی کتاب گنزالس

[۴] به عنوان یک مرجع می‌توان آنرا به صورت زیر معرفی نمود:

\bibitem{Gonzalez02book}

Gonzalez, R.C., and Woods, R.E. {\em Digital Image Processing}, 3rd ed.. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 2006.

در دستورات فوق Gonzalez02book برچسبی است که به این مرجع داده شده است و با استفاده از دستور \cite{Gonzalez02book} می‌توان به آن ارجاع داد؛ بدون این که شماره‌اش را در فهرست مراجع مان بدانیم. اگر این اولین مرجع ما باشد در قسمت مراجع به صورت زیر خواهد آمد:

[1] Gonzalez, R.C., and Woods, R.E. *Digital Image Processing*, 3rd ed.. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 2006.

این شیوه تعریف مراجع بسیار ابتدایی است و اگر فرمت مراجع، ترتیب یا تعداد آنها را خواسته باشید تغییر دهید، به عنوان مثال ابتدا حرف اول نام نویسنده بیاید و سپس نام خانوادگی، باید همه کارها را به صورت دستی انجام دهید! چون در یک پروژه/پایان‌نامه/رساله یا مقاله باید کنترل کاملی بر مراجع خود داشته باشید و به راحتی بتوانید قالب مراجع را عوض کنید، بنابراین می‌بایست از BibTeX استفاده کنید که در پیوست ۸ به آن پرداخته خواهد شد.

فصل ۷

جدول، نمودار و الگوریتم در لاتک

در این بخش نمونه مثالهایی از جدول، شکل، نمودار، الگوریتم و معادلات ریاضی را در لاتک خواهیم دید. دقت کنید که در پایان نامه ها و مقالات، باید قاعدهٔ «ارجاع به جلو»^۱ رعایت شود؛ یعنی ابتدا در متن به شمارهٔ شکل، جدول یا معادله اشاره شود و بعد از آن (زیر آن) خود شکل، جدول یا معادله رسم شود. (توضیحات بیشتر در قسمت ۷.۷).

۱.۷ جدول

دستور اصلی برای رسم جدول در لاتک tabular می باشد که جدول (۱.۷) با استفاده از آن کشیده شده است؛ در tabular عرض جدول برابر با مجموع عرض ستون ها و حداکثر مساوی عرض متن است.

جدول ۱.۷: مدل های تبدیل.

نام مدل	درجه آزادی	تبدیل مختصات	توضیح
انتقالی	۲	$x' = x + t_x$ $y' = y + t_y$	انتقال دوبعدی
اقلیدسی	۳	$x' = x \cos \theta - y \sin \theta + t_x$ $y' = x \sin \theta + y \cos \theta + t_y$	انتقالی+دوران

¹Forward Referencing

برای اینکه عرض جدول قابل کنترل باشد، باید از دستورات `tabularx`، `tabulary` یا `tabu` استفاده کرد که راهنمای آنها در اینترنت وجود دارد. مثلاً جدول ۲.۷ با `tabularx` رسم شده که عرض جدول در آن ثابت بوده و ستون‌های از نوع `X` عرض خالی جدول را پر می‌کنند.

جدول ۲.۷: مدل‌های تبدیل دیگر.

نام مدل	درجه آزادی	تبدیل مختصات	توضیح
مشابهت	۴	$x' = sx \cos \theta - sy \sin \theta + t_x$ $y' = sx \sin \theta + sy \cos \theta + t_y$	افلیدسی+تغییر مقیاس
آفین	۶	$x' = a_{11}x + a_{12}y + t_x$ $y' = a_{21}x + a_{22}y + t_y$	مشابهت+اریب‌شدگی

۲.۷ معادلات ریاضی و ماتریس‌ها

تقریباً هر آنچه دانشجویان برای نوشتن فرمول‌های ریاضی لازم دارند، در کتاب `mathmode` آمده است. کفایت در خط فرمان، دستور زیر را وارد کنید:

```
texdoc mathmode
```

متن زیر شامل انواعی از اشیاء ریاضی است که با ملاحظه کدش می‌توانید با دستورات آن آشنا شوید. شناخته‌شده‌ترین روش تخمین ماتریس هوموگرافی الگوریتم تبدیل خطی مستقیم (DLT^2) است. فرض کنید چهار زوج نقطه متناظر در دو تصویر در دست هستند، $\mathbf{x}_i \leftrightarrow \mathbf{x}'_i$ و تبدیل با رابطه $\mathbf{x}'_i = H\mathbf{x}_i$ نشان داده می‌شود که در آن:

$$\mathbf{x}'_i = (x'_i, y'_i, w'_i)^\top$$

و

$$H = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \\ h_4 & h_5 & h_6 \\ h_7 & h_8 & h_9 \end{bmatrix}$$

²Direct Linear Transform

رابطه زیر را برای الگوریتم (۱.۷) لازم داریم.

$$\begin{bmatrix} \circ^\top & -w'_i \mathbf{x}_i^\top & y'_i \mathbf{x}_i^\top \\ w'_i \mathbf{x}_i & \circ^\top & -x'_i \mathbf{x}_i^\top \\ -y'_i \mathbf{x}_i^\top & x'_i \mathbf{x}_i^\top & \circ^\top \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{h}^1 \\ \mathbf{h}^2 \\ \mathbf{h}^3 \end{pmatrix} = \circ \quad (1.7)$$

۳.۷ الگوریتم

۱.۳.۷ الگوریتم ساده با دستورهای فارسی

با مفروضات فوق، الگوریتم DLT به صورت نشان داده شده در الگوریتم (۱.۷) خواهد بود.

الگوریتم ۱.۷ الگوریتم DLT برای تخمین ماتریس هوموگرافی.

ورودی: $n \geq 4$ زوج نقطه متناظر در دو تصویر $\mathbf{x}_i \leftrightarrow \mathbf{x}'_i$

خروجی: ماتریس هوموگرافی H به نحوی که: $\mathbf{x}'_i = H\mathbf{x}_i$

۱: برای هر زوج نقطه متناظر $\mathbf{x}_i \leftrightarrow \mathbf{x}'_i$ ماتریس \mathbf{A}_i را با استفاده از رابطه ۱.۷ محاسبه کنید.

۲: ماتریس‌های \mathbf{A}_i ستونی ۹ را در قالب یک ماتریس \mathbf{A} ۹ ستونی ترکیب کنید.

۳: تجزیه مقادیر منفرد (SVD) ماتریس \mathbf{A} را بدست آورید. بردار واحد متناظر با کمترین مقدار منفرد جواب \mathbf{h} خواهد بود.

۴: ماتریس هوموگرافی H با تغییر شکل \mathbf{h} حاصل خواهد شد.

۲.۳.۷ الگوریتم پیچیده و تودرتو با دستورهای فارسی

الگوریتم ۲.۷، یک الگوریتم ترکیبی و تودرتو است که با کمک دستورهای بسته algorithmic نوشته شده

است.

۳.۳.۷ الگوریتم با دستورهای لاتین

الگوریتم ۳.۷ یک الگوریتم با دستورهای لاتین است.

الگوریتم ۲.۷ اجرای برنامه شبیه سازی

- ورودی:** زمان t_{max} به عنوان زمان لازم برای انجام شبیه سازی،
ورودی: گراف شبکه برای شبیه سازی،
خروجی: جدول تغییرات گراف از لحظه ۰ تا t .
 ۱: برای تمام لحظات در بازه ۰ تا t_{max} انجام بده
 ۲: برای تمام پیوندها انجام بده
 ۳: محاسبه ضریب و نرخ انتقال پیوند
 ۴: محاسبه کیفیت و نرخ یادگیری
 ۵: پایان حلقه برای
 ۶: برای تمام گره ها انجام بده
 ۷: محاسبه نرخ انتقال گره
 ۸: محاسبه وضعیت جدید
 ۹: پایان حلقه برای
 ۱۰: اگر تغییرات از مقدار δ کمتر است آنگاه
 ۱۱: شکستن حلقه { این شرط برای پایان قبل از رسیدن به محدودیت زمانی است، اگر تغییرات کمتر از δ باشد }
 ۱۲: وگرنه اگر زمان اجرای برنامه بیش از حد طول کشیده و $t > 100$ آنگاه
 ۱۳: شکستن حلقه
 ۱۴: پایان شرط اگر
 ۱۵: پایان حلقه برای
 ۱۶: چاپ کن زمان اجرای برنامه
 ۱۷: بازگردان ماتریس تغییرات زمانی
-

الگوریتم ۳.۷ RANSAC برای تخمین ماتریس هوموگرافی.

Require: $n \geq 4$ putative correspondences, number of estimations, N , distance threshold T_{dist} .

Ensure: Set of inliers and Homography matrix H .

- 1: **for** $k = 1$ to N **do**
- 2: Randomly choose 4 correspondence,
- 3: Check whether these points are colinear, if so, redo the above step
- 4: Compute the homography H_{curr} by DLT algorithm from the 4 points pairs,
- 5: ...
- 6: **end** **for**
- 7: Refinement: re-estimate H from all the inliers using the DLT algorithm.

۴.۷ کد

درج کد به زبان‌های مختلف به سادگی امکان‌پذیر است. برنامه ۱.۷ یک قطعه کد MATLAB را نشان می‌دهد.

% define a continuous function	1
f = '4*sin(2*pi*t)';	2
% plot a figure	3
ezplot(f);	4

برنامه ۱.۷: نمونه کد MATLAB

۵.۷ تصویر

نمونه یک تصویر را در فصل قبل دیدیم. دو تصویر شیر کنار هم را نیز در شکل ۱.۷ مشاهده می‌کنید.



(ب) شیر ۲

(آ) شیر ۱

شکل ۱.۷: دو شیر

۶.۷ نمودار

لاتک بسته‌هایی با قابلیت‌های زیاد برای رسم انواع مختلف نمودارها دارد. مانند بسته‌های Tikz و PSTricks. توضیح اینها فراتر از این پیوست کوچک است.^۳ یک نمودار رسم شده با بسته TikZ در شکل ۲.۷ نشان داده شده است.

۷.۷ نحوه قرارگیری اشیای شناور

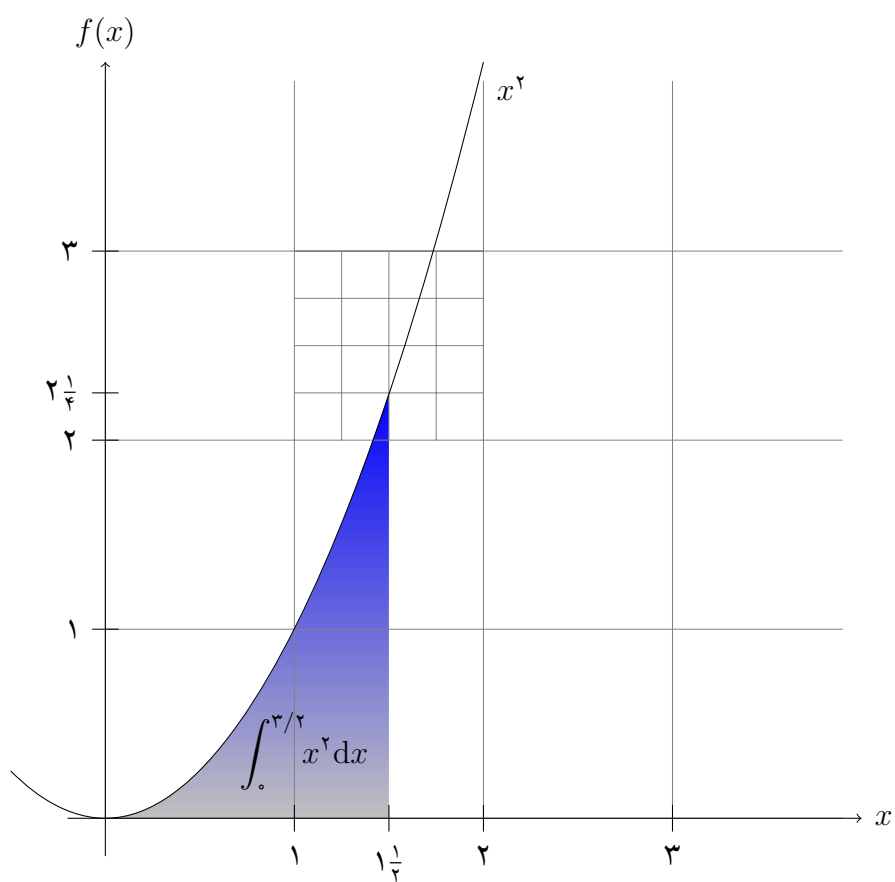
شکل‌ها، جداول و الگوریتم‌ها در لاتک اشیای شناور محسوب می‌شوند؛ یعنی خود لاتک تصمیم می‌گیرد آنها را در کجای صفحه ترسیم کند تا زیباتر باشد. اما می‌توان به لاتک توصیه کرد که آن را در قسمت خاصی از صفحه رسم کند. برای اینکه قاعده «ارجاع به جلو» رعایت شود باید فقط از پرچم [ht] استفاده کرد، که می‌گوید اگر جاشد شکل را دقیقاً در همین مکان و در غیراینصورت در بالای صفحه بعد رسم کن. بنابراین دستورات درج تصویر، جدول و الگوریتم به صورت زیر باید باشند:

```
\begin{figure/table/algorithm}[ht]
```

```
...
```

```
\end{figure/table/algorithm}
```

^۳ مثال‌هایی از بکارگیری بسته Tikz را می‌توانید در <http://www.texample.net/tikz/examples/> ببینید. توصیه می‌شود دانشجویانی که قصد درج اشکالی مانند گراف را در سند خود دارند، مثالهایی از سایت مذکور را ملاحظه فرمایند.



شکل ۲.۷: یک نمودار زیبا با ارقام فارسی و قابلیت بزرگ‌نمایی بسیار، بدون از دست دادن کیفیت.

فصل ۸

مراجع، واژه‌نامه و حاشیه‌نویسی

۱.۸ مراجع و نقل قول‌ها

منابع پایان‌نامه، پایه و اساس تحقیق شما به حساب می‌آیند و ضرورت انجام مطالعه و روش‌های به کار رفته در بسیاری از قسمت‌های آن، به کمک منابع صورت می‌گیرد. در استفاده از مراجع علمی در پایان‌نامه، باید سعی کنید بیشتر از منابع چاپ‌شده و مهم استفاده کنید و ارجاع به داده‌های چاپ نشده، خلاصه‌ها و پایان‌نامه‌ها، سبب به هم خوردگی و کاهش اعتبار قسمت ارجاع منابع می‌شود. استفاده از منابع و نقل قول‌هایی به تحقیق شما ارزش می‌دهند که در راستای هدف تحقیق بوده و به آن اعتبار ببخشند. برخی از دانش‌جویان تصور می‌کنند که کثرت نقل قول‌ها و ارجاعات زیاد، مهم‌ترین معیار علمی شدن پایان‌نامه است؛ حال آنکه استناد به تعداد کثیری از منابع بدون مطالعه دقیق آنها و استفاده مستقیم در پایان‌نامه، می‌تواند نشان‌دهنده عدم احساس امنیت نویسنده باشد!

دوروش برای استفاده از نتایج، جملات، داده‌ها و روش‌های دیگران وجود دارد. یکی نقل قول مستقیم و دقیق است و دیگری استفاده غیرمستقیم در متن مقاله، که در ادامه به قواعد این دو نوع نقل قول و ارجاع‌دهی اشاره می‌کنیم:

نقل قول مستقیم: نقل قول مستقیم باید دقیق و بدون هیچ تغییری در جملات باشد. بهتر است این گونه نقل قول‌ها تا حد امکان کوتاه باشد. جملات کوتاه داخل گیومه قرار می‌گیرند و باید به منبع دقیق آن، طبق روش ارجاع‌دهی به منابع، اشاره شود. به عنوان مثال در [۹] آمده است که:

«با استفاده از فیلد AUTHORFA می‌توان معادل فارسی نام نویسندگان مقالات لاتین را در متن داشت. معمولاً در اسناد فارسی خواسته می‌شود که پس از ذکر معادل فارسی نام نویسنده، نام لاتین نویسنده(ها) به عنوان پاورقی درج شود [۹].»

نقل قول غیرمستقیم: نقل قول غیرمستقیم به معنی استفاده از ایده‌ها، نتایج، روش‌ها و داده‌های دیگران در درون متن پایان‌نامه، ولی به سبک خودتان و متناسب و هماهنگ با روند پایان‌نامه شماست. در این حالت نیز باید متناسب با شیوه ارجاع‌دهی به آن استناد شود.

با توجه به وجود سبک‌های مختلف ارجاع‌دهی، باید روش قابل قبول و یکسانی در طول پایان‌نامه برای اشاره به مراجع در متن و همچنین تهیه فهرست مراجع در انتهای پایان‌نامه بکار رود. مثلاً برای پایان‌نامه‌های مهندسی می‌توان از سبک ارجاع‌دهی IEEE^۱ یا acm استفاده کرد. طبیعتاً باید تناظر یک‌به‌یک بین فهرست مراجع در انتهای گزارش و مراجع مورد استفاده در متن باشد^۲.

برای سهولت مدیریت مراجع پروژه/پایان‌نامه/رساله، اکیداً توصیه می‌شود از یک ابزار «مدیریت منابع» (با خروجی BibTeX) همچون Mendeley، Zotero، EndNote یا Citavi استفاده کنید.

۱.۱.۸ مدیریت مراجع با BibTeX

در بخش ۷.۶ اشاره شد که با دستور \bibitem می‌توان یک مرجع را تعریف نمود و با فرمان \cite به آن ارجاع داد. این روش برای تعداد مراجع زیاد و تغییرات آنها مناسب نیست. برای مدیریت منابع زیاد، سه بسته BibTeX (پیش‌فرض)، natbib (ارجاع‌دهی در متن به صورت نویسنده-سال) و BibLaTeX (جدید و منعطف‌پذیر) وجود دارند. در ادامه توضیحاتی در مورد مدیریت منابع با BibTeX و natbib در زی‌پرشین خواهیم آورد که همراه با توزیع‌های معروف تک عرضه می‌شوند^۳.

یکی از روش‌های قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای نوشتن مراجع مقالات و مدیریت مراجع در لایتنک، استفاده از BibTeX است. روش کار با بیب‌تک به این صورت است که مجموعه همه مراجعی را که در پروژه/پایان‌نامه/رساله استفاده کرده یا خواهیم کرد، در پرونده جداگانه‌ای با پسوند bib نوشته و به آن فایل در سند خودمان به صورت

^۱<http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>

^۲البته گاهی ممکن است محقق مرجعی را مورد مطالعه قرار داده لیکن در متن به آن اشاره نکرده باشد؛ برخی معتقدند در این موارد نیز آوردن آن در فهرست مراجع، اشکالی ندارد، به این شرط که از عنوان «فهرست منابع» به جای «فهرست مراجع» استفاده شود.

^۳روش BibLaTeX هنوز برای متون فارسی به درستی ترجمه نشده است.

مناسب لینک می‌دهیم. کنفرانس‌ها یا مجله‌های گوناگون برای نوشتن مراجع، قالب‌ها یا قراردادهای متفاوتی دارند که به آنها استیل‌های مراجع گفته می‌شود. در این حالت به کمک استیل‌های بیب‌تک خواهید توانست تنها با تغییر یک پارامتر در پرونده ورودی خود، مراجع را مطابق قالب موردنظر تنظیم کنید. بیشتر مجلات و کنفرانس‌های معتبر یک فایل سبک (BibTeX Style) با پسوند bst در وب‌گاه خود می‌گذارند که برای همین منظور طراحی شده است.

به جز نوشتن مقالات، این سبک‌ها کمک بسیار خوبی برای تهیه مستندات علمی همچون پایان‌نامه‌هاست که فرد می‌تواند هر قسمت از کارش را که نوشت مراجع مربوطه را به بانک مراجع خود اضافه نماید. با داشتن چنین بانکی از مراجع، وی خواهد توانست به راحتی یک یا چند ارجاع به مراجع و یا یک یا چند بخش را حذف یا اضافه نماید؛ مراجع به صورت خودکار مرتب شده و فقط مراجع ارجاع داده شده در قسمت کتاب‌نامه خواهند آمد. قالب مراجع به صورت یکدست مطابق سبک داده شده بوده و نیازی نیست که کاربر درگیر قالب‌دهی به مراجع باشد.

۲.۱.۸ سبک‌های مورد تأیید دانشگاه تهران

طبق «دستورالعمل نگارش و تدوین پایان‌نامه» دانشگاه تهران در [۱۱]، ارجاع در متن می‌تواند مطابق با هر یک از دو الگوی هاروارد یا ونکوور باشد:

سیستم نویسنده-سال (هاروارد): ذکر نام نویسنده و سال نشر در متن. در این الگو مراجع بر اساس حروف الفبا تنظیم می‌گردند.

سیستم شماره‌دار (ونکوور): ارجاع به مراجع به کمک شماره در متن. در این الگو شماره هر مرجع به ترتیب ظاهر شدن آن در متن در داخل کروشه قرار می‌گیرد. فهرست مراجع نیز بر اساس شماره مرجع (نه حروف الفبا) تنظیم می‌گردد.

در مدیریت منابع با BibTeX، ارجاع‌ها در متن تنها به شکل شماره‌دار (ونکوور) امکان‌پذیر است، گرچه فهرست مراجع می‌تواند با روش‌های مختلف مرتب شود. اگر بخواهیم ارجاع‌ها در متن به صورت نویسنده-سال (هاروارد) باشد باید از بسته natbib^۴ و استیل‌های مختلف آن استفاده کنیم.

هنگام استفاده از روش نویسنده-سال نوع پرانتزگذاری‌ها در وسط و انتهای جمله با هم فرق خواهد داشت. به مثال زیر مطابق با دستورالعمل [۱۱] توجه کنید:

^۴Natural Sciences Citations & References

ابتدا [۱۲] بسته‌ی زیرپوشین را برای حروف چینی فارسی اختراع کرد. بعدها سبک‌های ارجاع‌دهی فارسی و قالب‌های پایان‌نامه نیز مبتنی بر آن ساخته شد [۹]. ارجاع‌دهی به مراجع لاتین نیز در زیرپوشین امکان‌پذیر است. مثلاً [۴] یک کتاب انگلیسی است و به راحتی به مقالات انگلیسی نیز می‌توان ارجاع داد [۶]. در این مثال، ۴ ارجاع در وسط و انتهای جمله به مراجع فارسی و انگلیسی آمده است. وقتی از سیستم نویسندگانه سال استفاده می‌کنید، بهتر است ارجاع‌های آخر جمله کلاً داخل پرانتز بیاید؛ بدین منظور باید به جای `\cite` از `\citep` استفاده کنید. اما در سیستم شماره‌دار چون تمام ارجاع‌ها داخل کروشه می‌آیند این امر اهمیت ندارد.

نمی‌توانید در متن فارسی، اسم لاتین محقق خارجی را بیاورید و برای جلوگیری از ایجاد ابهام، صرف‌نظر از نام لاتین هم مجاز نیست! توصیه می‌شود که نام محقق خارجی در متن با حروف فارسی و در پاورقی اسم تمام نویسندگان به صورت انگلیسی آورده شود. نحوه رعایت این نکته را می‌توانید در کد مثال بالا ببینید. گرچه در تمپلت ورد [۱۱]، به صراحت ذکر شده که بهتر است برای پایان‌نامه‌های مهندسی از سبک IEEE استفاده شود (که از سیستم ونکوور تبعیت می‌کند)، اما ترتیب فهرست مراجع در IEEE بر اساس ترتیب ارجاع در متن بوده و مراجع انگلیسی و فارسی از هم تفکیک نمی‌شوند که متضاد با دستورالعمل [۱۱] و نیز متضاد عرف اکثر پایان‌نامه‌های فارسی است. بنابراین دقیقاً نمی‌توان سبک خاصی را برای مراجع پایان‌نامه‌های دانشگاه تهران اجبار کرد. مهم این است که سبک ارجاع‌دهی در تمام طول یک کتابچه (مثلاً پایان‌نامه، مقالات یک مجله یا کل یک کتاب) یکسان باشد. بهتر است بسته به حوزه پایان‌نامه، در این مورد با استاد راهنمای خود مشورت کنید.

۳.۱.۸ سبک‌های فارسی قابل استفاده در زیرپوشین

تعدادی از سبک‌های فارسی بسته Persian-bib^۵ که برای زیرپوشین آماده شده‌اند، عبارتند از:

- سبک‌های شماره‌دار:

unsrt-fa.bst این سبک متناظر با unsrt.bst می‌باشد. مراجع به ترتیب ارجاع در متن ظاهر می‌شوند.

plain-fa.bst این سبک متناظر با plain.bst می‌باشد. مراجع بر اساس نام خانوادگی نویسندگان، به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند. همچنین ابتدا مراجع فارسی و سپس مراجع انگلیسی خواهند آمد.

^۵ برای اطلاع بیشتر به راهنمای بسته Persian-bib مراجعه فرمایید.

acm-fa.bst این سبک متناظر با acm.bst می‌باشد. شبیه plain-fa.bst است. قالب مراجع کمی متفاوت است. اسامی نویسندگان انگلیسی با حروف بزرگ انگلیسی نمایش داده می‌شوند. (مراجع مرتب می‌شوند)

ieeetr-fa.bst این سبک متناظر با ieeetr.bst می‌باشد. (مراجع مرتب نمی‌شوند)

• سبک‌های نویسنده-سال:

plainnat-fa.bst این سبک متناظر با plainnat.bst می‌باشد. نیاز به بسته natbib دارد. (مراجع مرتب می‌شوند)

chicago-fa.bst این سبک متناظر با chicago.bst می‌باشد. نیاز به بسته natbib دارد. (مراجع مرتب می‌شوند)

asa-fa.bst این سبک متناظر با asa.bst می‌باشد. نیاز به بسته natbib دارد. (مراجع مرتب می‌شوند)

با استفاده از استیل‌های فوق می‌توانید به انواع مختلفی از مراجع فارسی و لاتین ارجاع دهید. به عنوان مثال‌هایی از مراجع انگلیسی، مرجع [۲]^۶ مقاله یک ژورنال، مرجع [۱] مقاله یک کنفرانس، مرجع [۴] یک کتاب، مرجع [۵] پایان‌نامه کارشناسی ارشد و مرجع [۳] یک رساله دکتری می‌باشد. همچنین در میان مراجع فارسی، مرجع [۱۳] مقاله یک مجله، مرجع [۱۰] مقاله یک کنفرانس، مرجع [۷] یک کتاب ترجمه‌شده با ذکر مترجمان و ویراستاران، مرجع [۱۴] پایان‌نامه کارشناسی ارشد^۷، مرجع [۸] یک رساله دکتری و مراجع [۹، ۱۲] نمونه‌های متفرقه هستند.

۴.۱.۸ ساختار فایل مراجع

برای استفاده از بیب‌تک باید مراجع خود را در یک فایل با پسوند bib ذخیره نمایید. یک فایل bib در واقع یک پایگاه داده از مراجع^۸ شماست که هر مرجع در آن به عنوان یک رکورد از این پایگاه داده با قالبی خاص ذخیره می‌شود. به هر رکورد یک مدخل^۹ گفته می‌شود. یک نمونه مدخل برای معرفی کتاب Digital Image Processing در ادامه آمده است:

```
@BOOK{Gonzalez02image,
  AUTHOR      = {Gonzalez,, Rafael C. and Woods,, Richard E.},
  TITLE       = {Digital Image Processing},
```

^۶ چون فیلد authorfa برای این مرجع تعریف نشده در سبک نویسنده-سال با حروف لاتین به آن در متن ارجاع می‌شود که غلط است.
^۷ همان‌طور که در بخش ۱.۸ اشاره شد، بهتر است زیاد از پایان‌نامه‌ها در مراجع استفاده نکنید.

^۸Bibliography Database

^۹Entry

```

PUBLISHER = {Prentice-Hall, Inc.},
YEAR       = {2006},
ISBN       = {013168728X},
EDITION    = {3rd},
ADDRESS    = {Upper Saddle River, NJ, USA}
}

```

در مثال فوق، @BOOK مشخصه شروع یک مدخل مربوط به یک کتاب و Gonzalez02book برچسبی است که به این مرجع منتسب شده است. این برچسب بایستی یکتا باشد. برای آنکه بتوان برچسب مراجع را به راحتی به خاطر سپرد و حتی الامکان برچسب‌ها متفاوت با هم باشند، معمولاً از قوانین خاصی به این منظور استفاده می‌شود. یک قانون می‌تواند فامیل نویسنده اول + دورقم سال نشر + اولین کلمه عنوان اثر باشد. به TITLE، AUTHOR، ... و ADDRESS فیلدهای این مدخل گفته می‌شود، که هر یک با مقادیر مربوط به مرجع پر شده‌اند. ترتیب فیلدها مهم نیست.

انواع متنوعی از مدخل‌ها برای اقسام مختلف مراجع همچون کتاب، مقاله کنفرانس و مقاله ژورنال وجود دارد که برخی فیلدهای آنها با هم متفاوت است. نام فیلدها بیانگر نوع اطلاعات آن می‌باشد. مثالهای ذکر شده در فایل MyReferences.bib کمک خوبی برای شما خواهد بود. با استفاده از سبک‌های فارسی آماده شده، محتویات هر فیلد می‌تواند به فارسی نوشته شود؛ ترتیب مراجع و نحوه چینش فیلدهای هر مرجع را سبک مورد استفاده مشخص خواهد کرد.

در فایل MyReferences.bib که همراه با این پروژه/پایان‌نامه/رساله هست، مثال‌های مختلفی از مراجع آمده‌اند که برای درج مراجع خود، تنها کافیت مراجع‌تان را جایگزین موارد مندرج در آن نمایید. برای بسیاری از مقالات لاتین حتی لازم نیست که مدخل مربوط به آنرا خودتان بنویسید. با جستجوی نام مقاله + کلمه **bibtex** در اینترنت سایت‌های بسیاری همچون ACM و ScienceDirect را خواهید یافت که مدخل **bibtex** مربوط به مقاله شما را دارند و کافیت آنرا به انتهای فایل MyReferences.bib اضافه کنید.

۵.۱.۸ نحوه اجرای BibTeX

پس از قرار دادن مراجع خود، برای ساخت فایل خروجی می‌توانید دستور زیر را (در ترمینال یا از طریق

Texmaker) اجرا کنید:^{۱۰}

^{۱۰}فایل latexmkrc باید در کنار main.tex وجود داشته باشد.

```
latexmk -bibtex -pdf main.tex
```

ابزار latexmk مراحل مختلف ساخت خروجی لاتک را به طور خودکار و بهینه انجام می‌دهد و هر بار فقط مرحله‌ای را که لازم باشد تکرار می‌کند. روش دستی‌تر این است که یک بار XeLaTeX را روی سند خود اجرا نمایید، سپس bibtex و پس از آن هم ۲ بار XeLaTeX را. در TeXMaker کلید F11 و در TeXWorks هم گزینه BibTeX از منوی BibTeX، Typeset را روی سند شما اجرا می‌کنند.

۲.۸ واژه‌نامه‌ها و فهرست اختصارات

واژه‌نامه^{۱۱} یا فرهنگ لغات، مجموعه‌ای از اصطلاحات و تعاریف خاص و فنی است که معمولاً در انتهای یک کتاب می‌آید. چون پایان‌نامه خود یک متن تخصصی بلند محسوب می‌شود، استفاده از فرهنگ لغات در انتهای آن به شدت توصیه می‌شود، خصوصاً که احتمال استفاده از لغات تخصصی لاتین در آن بالاست. واژه‌نامه‌هایی که در انتهای کتاب‌های انگلیسی می‌آیند معمولاً تک‌زبانه هستند و معنی یک اصطلاح تخصصی در آنها، عمدتاً به صورت یک توصیف^{۱۲} طولانی آورده می‌شود. اما چون در متون فارسی، آوردن لغات انگلیسی مجاز نیست و باید معادل فارسی آنها وارد شود، جهت رفع ابهام معمولاً واژه‌نامه فارسی به انگلیسی (و برعکس) در انتهای کتاب درج شده و توصیف‌ها در صورت نیاز در متن آورده می‌شوند.

فهرست اختصارات^{۱۳} شامل نمادهای کوتاهی است که اغلب از حروف ابتدایی کلمات یک عبارت طولانی ساخته شده‌اند. با اینکه اختصارات با حروف (بزرگ) لاتین نوشته می‌شوند، اما چون کوتاه‌اند استفاده از آنها در میان متن فارسی مجاز است. با این حال برای رفع ابهام، عرف است که فهرستی از آنها شامل معنی هر نماد، در کنار دیگر فهرست‌ها در ابتدای متن درج شود.

در این قالب پایان‌نامه، برای ساخت و مدیریت واژه‌نامه و فهرست اختصارات از بسته پیشرفته glossaries با موتور واژه‌نامه‌سازی xindy استفاده می‌شود. تنظیمات بهینه این بسته در فایل glossaries-settings.tex عبارتند

از:

^{۱۱}Glossary

^{۱۲}Description

^{۱۳}Acronym

- قبل از درج واژه‌ها در متن، باید مدخل آنها با دستور زیر (ترجیحاً در فایل جدای words.tex) تعریف شود:

`\newword{Label}{Word}{واژه‌ها}`

- قبل از وارد کردن علائم اختصاری در متن، باید مدخل آنها نیز (ترجیحاً در فایل acronyms.tex) به صورت زیر تعریف شود:

`\newacronym{Label}{Acr}{معنی اختصار}`

- جهت درج یک علامت اختصاری یا معادل یک واژه تخصصی، کافی است از دستور `gls{Label}` در متن استفاده کنید. دستور `glspl{Label}` نیز برای آوردن معادل یک لغت در حالت جمع ساخته شده است.

- هنگام اولین استفاده از یک معادل فارسی یا اختصار در متن، معادل انگلیسی یا معنی آن در پاورقی آورده می‌شود. در صورتی که هر یک از این پیش‌فرض‌ها را دوست ندارید با ویرایش فایل glossaries-settings.tex می‌توانید آن را تغییر دهید.

- در انتهای پایان‌نامه با دستور `\printglossary` فهرست کلمات استفاده‌شده به ترتیب الفبای فارسی (واژه‌نامه فارسی به انگلیسی) و الفبای انگلیسی (واژه‌نامه انگلیسی به فارسی) درج می‌شود.

به عنوان مثال، با مشاهده کد این نوشته، نحوه درج معادل فارسی متغیر تصادفی^{۱۴} را در متن مشاهده می‌کنید. در نمایش واژه متغیر تصادفی برای بار دوم، معادل لاتین در پاورقی نمی‌آید. در مورد درج علائم اختصاری، مثلاً می‌توان به رابطه F^{15} اشاره کرد.

۳.۸ حاشیه‌نویسی در نسخه پیش‌نویس

اصلاح و بازبینی چندین و چندباره یک پایان‌نامه یا مقاله، از معمول‌ترین امور در نگارش آن می‌باشد. فرض کنید دانشجو پایان‌نامه یا مقاله خود را (کامل یا ناقص) نوشته و می‌خواهد نظر استاد راهنما، اعضای آزمایشگاه یا

^{۱۴}Random Variable

^{۱۵}نیرو (N)

دیگر متخصصین را در مورد آن جویا شود. به جز مشاوره حضوری، تلفنی یا از طریق ایمیل، برای اظهار نظر دقیق بر نوشته، می‌توان از ابزارهای حاشیه‌نویسی در فایل PDF یا tex نیز استفاده کرد.

یک راهکار مناسب برای حاشیه‌نویسی در فایل tex، استفاده از بسته todonotes می‌باشد که آقای خلیقی به تازگی امکان استفاده از آن را برای فارسی‌زبانان نیز فراهم آورده‌اند. بدین منظور، هر جایی که خواستید نکته یا نکاتی را در حاشیه متن یادداشت کنید، کافی است دستور زیر را وارد نمایید:

```
\todo{NOTE}
```

مثلاً استاد راهنما می‌تواند از دانشجو بخواهد که در بخشی توضیح بیشتری دهد. استاد راهنما یا داور حتی می‌تواند محل پیشنهادی برای درج یک تصویر را نیز به راحتی برای دانشجو مشخص کند. یکی دیگر از امکانات این بسته آن است که می‌توان فهرست نکات را در ابتدای سند داشت. بسته todonotes امکانات بسیاری دارد که در راهنمای آن معرفی شده است و با اجرای دستور زیر در خط فرمان می‌توانید آنها را مشاهده کنید:

```
texdoc todonotes
```

دقت کنید که توضیحات حاشیه‌ای و فهرست کارهای باقیمانده (نکات)، فقط در نسخه پیش‌نویس^{۱۶} قابل دیدن هستند و در نسخه نهایی، نمایش داده نخواهند شد. برای استفاده از حالت پیش‌نویس باید گزینه draft به دستور \documentclass در ابتدای فایل main.tex اضافه شود. هنگامی که سند شما در حالت پیش‌نویس باشد:

۱. هیچ یک از صفحات آغازین پایان‌نامه، تا فهرست مطالب نمایش داده نمی‌شود (به جز صفحه اول).
۲. روی صفحه اول عبارت «پیش‌نویس» به صورت درشت و کم‌رنگ نمایش داده می‌شود.
۳. فهرست نکات درج شده توسط todo، پس از فهرست اصلی و با عنوان «فهرست کارهای باقیمانده» نمایش داده می‌شود.
۴. شماره صفحاتی که به هر مرجع ارجاع داده شده است در بخش مراجع نمایش داده می‌شود^{۱۷}.

هر یک از موارد بالا تا زمانی که نسخه نهایی پروژه/پایان‌نامه/رساله نیاز نباشد بسیار مورد توجه و مفید واقع می‌شوند.

^{۱۶}Draft

^{۱۷}اعمال گزینه pagebackref برای بسته hyperref.

