



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس روش پژوهش
گزارش نوشتاری

آشنایی مقدماتی با محاسبات کوانتومی از دید مهندسی
کامپیوتر

نگارش
هلیا اکبری

استاد راهنما
دکتر حامد فربه

خرداد ۱۴۰۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Amirkabir University of Technology
(Tehran Polytechnic)

Department of computer engineering

M. Sc. Thesis

An introduction to quantum computing from computer engineering standpoint

By

Helia Akbari

Supervisor

Dr. Hamed Farbeh

June 2024

سپاس‌گزاری

از استاد گرامی جناب آقای دکتر حامد فربه که در انتخاب و پیشبرد این پروژه به عنوان استاد پروژه و به عنوان راهنما، در طول دوران تحصیلی این جانب، کمک های فراوانی داشته‌اند، کمال تشکر را دارم.

هلیا اکبری
خرداد ۱۴۰۳

چکیده

محاسبات کوانتوم عبارتی است که در همه فیلم های علمی تخیلی به گوش میخورد. عموم جامعه هیچ آگاهی در این زمینه ندارند و حتی تصویری از استفاده ی آن و پیشرفت های این زمینه ندارند. دانشجویان حوزه مهندسی کامپیوتر نیز به دنبال این زمینه نمیروند یا کمتر میروند چرا که تصور دارند این زمینه نیاز به دانش فیزیک پیشرفته و مکانیک پیشرفته دارد یا اساسا بدون کاربرد و برای آینده ی دور است. این مقاله قصد دارد محاسبات کوانتوم را برای دانشجویان کامپیوتری که به ساختار کامپیوتر، مسائل روز دنیای کامپیوتر و الگوریتم های رایج کامپیوتری آشنایی دارند، به صورت کاربردی و ملموس با آموخته هایشان توضیح دهد.

ابتدا با توضیح مفاهیم پایه همچون ریاضی کوانتومی، ویژگی های معادلات کوانتومی، ماهیت متغیر های کوانتومی، و قوانین حاکم بر دنیای کوانتوم شروع میکنیم. سپس، تعدادی از الگوریتم هایی که با محاسبات کوانتومی میتوان به آنها رسید و دلیل اهمیتشان را شرح میدهیم. در همین راستا، از کاربرد های مختلف محاسبات کوانتومی خواهیم گفت و در نهایت، خواننده را با محدودیت هایی که ما را از این دنیای جدید و ناشناخته دور میسازد، آشنا خواهیم ساخت.

واژه های کلیدی:

محاسبات کوانتوم، کوانتوم، آشنایی، مهندسی کامپیوتر، کامپیوتر کوانتومی

فهرست مطالب

آ	چکیده	عنوان	صفحه
۱	مقدمه	۱-۱	۱
۲	۱-۱ خواص دنیای محاسبات کوانتومی	۱-۱-۱ کیوبیت	۲
۲	۲-۱ نوع ناهنجاری	۳-۱ ماهیت داده	۴
۵	۱-۳-۱ انواع تصویربرداری	۲-۳-۱ انواع فرمت های تصویر	۵
۵	۳-۳-۱ آسیب های ممکن	۴-۱ انتخاب روش نهایی	۵
۶	۲	طریقه‌ی مرجع نویسی و واژه‌نامه	۷
۸	۱-۲ طریقه‌ی مرجع نویسی	۱-۱-۲ بارگیری مراجع	۸
۹	۲-۱-۲ روش ارجاع در متن	۳-۱-۲ روش اجرای برنامه	۹
۹	۴-۱-۲ مراجع فارسی	۲-۲ راهنمای واژه‌نامه	۱۰
۱۰	۳-۲ ساخت نمایه	۱-۳-۲ ساخت نمایه	۱۰
۱۰	۳	نگارش صحیح	۱۲
۱۳	۱-۳ مقدمه	۲-۳ فارسی نویسی	۱۳
۱۳	۳-۳ رعایت املای صحیح	۴-۳ رعایت قواعد نشانه‌گذاری	۱۳
۱۴	۱-۴-۳ ویرگول	۲-۴-۳ نقطه	۱۴
۱۴	۳-۴-۳ دونقطه	۴-۴-۳ گیومه	۱۴
۱۵	۵-۴-۳ نشانه پرسشی	۶-۴-۳ خط تیره	۱۵
۱۵	۷-۴-۳ پرانتز	۵-۳ جدا یا سرهم نوشتن برخی کلمات	۱۵
۱۷	۴	مشخصات یک پایان نامه و گزارش علمی	۱۷
۱۸	۱-۴ برخورداری از غنای علمی	۲-۴ ارجاع به‌موقع و صحیح به منابع دیگر	۱۸

۳-۴	ساده‌نویسی	۱۸
۴-۴	وحدت موضوع	۱۹
۵-۴	اختصار	۱۹
۶-۴	رعایت نکات دستوری و نشانه‌گذاری	۱۹
۷-۴	توجه به معلومات ذهنی مخاطب	۱۹
۸-۴	رعایت مراحل اصولی نگارش	۱۹
۵	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۲۰
۱-۵	پیشنهادهات	۲۱
پیوست		۲۲

شکل	فهرست تصاویر	صفحه
۱-۱	بازنمایی کیوبیت در کره بلاچ	۳
۱-۲	نمونه یک مقاله در گوگل اسکولار	۸
۲-۲	پنجره‌ی باز شده در گوگل اسکولار	۹
۳-۲	تنظیمات مربوط به تک‌ورکز	۱۱

صفحه

فهرست جداول

جدول

فهرست نمادها

مفهوم	نماد
فضای اقلیدسی با بعد n	\mathbb{R}^n
کره n بعدی	S^n
خمینه m -بعدی M	M^m
جبر میدان‌های برداری هموار روی M	$\mathfrak{X}(M)$
مجموعه میدان‌های برداری هموار یکه روی (M, g)	$\mathfrak{X}^1(M)$
مجموعه p -فرمی‌های روی خمینه M	$\Omega^p(M)$
اپراتور ریچی	Q
تانسور انحنای ریمان	\mathcal{R}
تانسور ریچی	ric
مشتق لی	L
۲-فرم اساسی خمینه تماسی	Φ
التصاق لوی-چویتای	∇
لاپلاسین ناهموار	Δ
عملگر خودالحاق صوری القا شده از التصاق لوی-چویتای	∇^*
متر ساساکی	g_s
التصاق لوی-چویتای وابسته به متر ساساکی	∇
عملگر لاپلاس-بلترامی روی p -فرم‌ها	Δ

فصل اول

مقدمه

بر اساس قانون مور^۱ قدرت پردازنده های کامپیوتر های کلاسیک هر دو سال، دو برابر میشود. اما این رویه تا حدی ادامه خواهد داشت که محدودیت های دنیای فیزیک کلاسیک به آن اجازه دهند. چرا که اندازه ی اعضای تشکیل دهنده ی پردازنده ها به حدی کوچک میشود که ناخودآگاه وارد فضای کوچک کوانتوم^۲ میشوند. پیشبینی میشود این اتفاق در سال ۲۰۵۰ رخ دهد.

پیچیدگی محاسباتی^۳ برخی الگوریتم ها در کامپیوتر های کلاسیک کمتر قابلیت کاهش ندارند. در حالی که کامپیوتر های کوانتومی، در تئوری میتوانند با مقدار بزرگی داده همانند یک واحد داده برخورد کنند و پیچیدگی محاسباتی الگوریتم ها را کاهش دهند. [۴] به طور کلی، محاسبات کوانتومی از کنش و واکنش مواد در جهان در سطح ذرات تشکیل دهنده ی آن بهره میگیرد و بر روی بستر پدیده ی نسبیت خاص^۴ پایه گذاری شده است.

برای مثال، کامپیوتر کلاسیک مشکلی در پیدا کردن نام فرد موردنظر در یک کتاب تلفن ندارند. اما برای مسائل ریاضی بهینه سازی پیچیده^۵ که مسائلی هستند که برای پیدا کردن حالت بهینه با توجه به متغیر های مختلف است، کامپیوتر های کلاسیک پاسخگو نیستند. از جمله این مسائل میتوان به اختصاص دادن منابع در ساخت یک برج بزرگ برای بدست آوردن کمترین خرج ممکن اشاره کرد. چنین مسائلی در همه ی حوزه ها وجود دارند و کامپیوتر های کوانتومی برای اجرای این الگوریتم ها بسیار مناسب هستند. [۶]

۱-۱ خواص دنیای محاسبات کوانتومی

۱-۱-۱ کیوبیت

کیوبیت ها^۶ در کامپیوتر های کوانتومی، معادل بیت ها^۷ در کامپیوتر های کلاسیک هستند. یک بیت یا در حالت صفر قرار دارد یا در حالت یک قرار دارد. تفاوت کیوبیت ها در این است که میتوانند حالتی به جز صفر یا یک داشته باشند یا میتوان گفت برهم نهی^۸ حالات را شاهد هستیم. در نتیجه، کیوبیت میتواند حالات بیشتری از بیت داشته باشد. هر کیوبیت، به یک احتمالی میتواند یک باشد و به یک احتمالی میتواند صفر باشد.

$$\Psi = \alpha |0\rangle + \beta |1\rangle \quad (1-1)$$

¹ Moore's law

² Quantum

³ Computational complexity

⁴ Special relativity

⁵ Complex mathematical optimizing

⁶ Qubits

⁷ bits

⁸ superposition

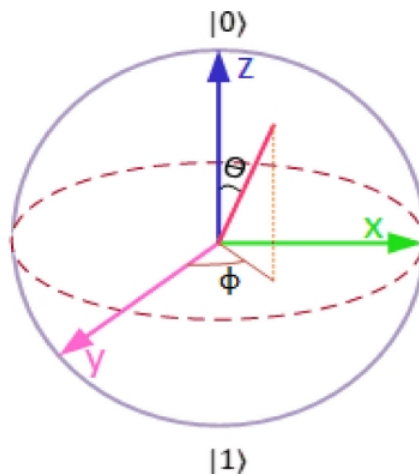
به طوری که α و β شدت احتمال هستند و هر دو اعداد مختلط هستند به طوری که

$$\alpha^2 + \beta^2 = 1 \quad (۲-۱)$$

فضای حالتی که این دو متغیر تشکیل میدهند، یک فضای مختلط دو بعدی است. حالات خاص صفر و یک، یک فضای بردار پایه ای^۹ برای این فضای برداری تشکیل میدهند

$$|0\rangle = (0, 1) \text{ and } |1\rangle = (1, 0) \quad (۳-۱)$$

در شکل پایین، میتوانید کره ی بلاچ^{۱۰} که نوعی بازنمایی هندسی از حالت یک کیوبیت است، را مشاهده کنید.



شکل ۱-۱: بازنمایی کیوبیت در کره بلاچ

از آنجایی که یک پایان نامه یا رساله، یک نوشته بلند محسوب می شود، لذا اگر همه تنظیمات و مطالب پایان نامه را داخل یک فایل قرار بدهیم، باعث شلوغی و سردرگمی می شود. به همین خاطر، قسمت های مختلف پایان نامه یا رساله داخل فایل های جداگانه قرار گرفته است. مثلاً تنظیمات پایه ای کلاس، داخل فایل `AUTthesis.cls`، تنظیمات قابل تغییر توسط کاربر، داخل `commands.tex`، قسمت مشخصات فارسی پایان نامه، داخل `fa_title.tex`، مطالب فصل اول، داخل `chapter1` و ... قرار داده شده است. نکته مهمی که در اینجا وجود دارد این است که از بین این فایل ها، فقط فایل `AUTthesis.tex` قابل اجرا است. یعنی بعد از تغییر فایل های دیگر، برای دیدن نتیجه تغییرات، باید این فایل را اجرا کرد. بقیه فایل ها به این فایل، کمک می کنند تا بتوانیم خروجی کار را ببینیم. اگر به فایل `AUTthesis.tex` دقت کنید، متوجه می شوید که قسمت های مختلف پایان نامه، توسط دستورهای `include` و `input` به فایل اصلی، یعنی `AUTthesis.tex` معرفی شده اند. بنابراین، فایلی که همیشه با آن سروکار داریم، فایل `AUTthesis.tex` است. در این فایل، فرض شده است که پایان نامه یا رساله شما، از ۵ فصل و یک

^۹orthonormal basis

^{۱۰}Bloch's sphere

پیوست، تشکیل شده است. با این حال، اگر پایان‌نامه یا رساله شما، بیشتر از ۵ فصل و یک پیوست است، باید خودتان فصل‌های بیشتر را به این فایل، اضافه کنید. این کار، بسیار ساده است. فرض کنید بخواهید یک فصل دیگر هم به پایان‌نامه، اضافه کنید. برای این کار، کافی است یک فایل با نام chapter6.tex و با پسوند .tex بسازید و آن را داخل پوشه AUTthesis قرار دهید و سپس این فایل را با دستور `\include{chapter6}` داخل فایل AUTthesis.tex و بعد از دستور `\include{chapter6}` قرار دهید.

۲-۱ نوع ناهنجاری

قبل از هر چیز، بدیهی است که باید یک توزیع تک مناسب مانند TeX Live و یک ویرایش‌گر تک مانند Texmaker را روی سیستم خود نصب کنید. نسخه بهینه شده Texmaker را می‌توانید از سایت **پارسی لاتک^{۱۱}** و TeX Live را هم می‌توانید از **سایت رسمی آن^{۱۲}** دانلود کنید.

در مرحله بعد، سعی کنید که یک پشتیبان از پوشه AUTthesis بگیرید و آن را در یک جایی از هارددیسک سیستم خود ذخیره کنید تا در صورت خراب کردن فایل‌هایی که در حال حاضر، با آن‌ها کار می‌کنید، همه چیز را از دست ندهید.

حال اگر نوشتن پایان‌نامه اولین تجربه شما از کار با لاتک است، توصیه می‌شود که یک‌بار به طور سرسری، کتاب «**مقدمه‌ای نه چندان کوتاه بر L^AT_EX 2_ε**»^{۱۳} ترجمه دکتر مهدی امیدعلی، عضو هیات علمی دانشگاه شاهد را مطالعه کنید. این کتاب، کتاب بسیار کاملی است که خیلی از نیازهای شما در ارتباط با حروف‌چینی را برطرف می‌کند.

بعد از موارد گفته شده، فایل AUTthesis.tex و fa_title را باز کنید و مشخصات پایان‌نامه خود مثل نام، نام خانوادگی، عنوان پایان‌نامه و ... را جایگزین مشخصات موجود در فایل fa_title کنید. دقت داشته باشید که نیازی نیست نگران چینش این مشخصات در فایل پی‌دی‌اف خروجی باشید. فایل AUTthesis.cls همه این کارها را به طور خودکار برای شما انجام می‌دهد. در ضمن، موقع تغییر دادن دستورهای داخل فایل fa_title کاملاً دقت کنید. این دستورها، خیلی حساس هستند و ممکن است با یک تغییر کوچک، موقع اجرا، خطا بگیرید. برای دیدن خروجی کار، فایل fa_title را Save، (نه Save As) کنید و بعد به فایل AUTthesis.tex برگشته و آن را اجرا کنید. حال اگر می‌خواهید مشخصات انگلیسی پایان‌نامه را هم عوض کنید، فایل en_title را باز کنید و مشخصات داخل آن را تغییر دهید.^{۱۴} در اینجا هم برای دیدن خروجی، باید این فایل را Save کرده و بعد به فایل AUTthesis.tex برگشته و آن را اجرا کرد.

برای راحتی بیشتر، فایل AUTthesis.cls طوری طراحی شده است که کافی است فقط یک‌بار مشخصات پایان‌نامه را وارد کنید. هر جای دیگر که لازم به درج این مشخصات باشد، این مشخصات به طور خودکار درج می‌شود. با این حال، اگر مایل بودید، می‌توانید تنظیمات موجود را تغییر دهید. توجه داشته باشید که اگر کاربر مبتدی هستید و یا با ساختار فایل‌های cls آشنایی ندارید، به هیچ وجه به

^{۱۱}<http://www.parsilatex.com>

^{۱۲}<http://www.tug.org/texlive>

^{۱۳}<http://www.tug.ctan.org/tex-archive/info/lshort/persian/lshort.pdf>

^{۱۴} برای نوشتن پروژه کارشناسی، نیازی به وارد کردن مشخصات انگلیسی پروژه نیست. بنابراین، این مشخصات، به طور خودکار، نادیده گرفته می‌شود.

این فایل، یعنی فایل `AUTthesis.cls` دست نزنید. نکته دیگری که باید به آن توجه کنید این است که در فایل `AUTthesis.cls` سه گزینه به نام‌های `bsc`، `msc` و `phd` برای تایپ پروژه، پایان‌نامه و رساله، طراحی شده است. بنابراین اگر قصد تایپ پروژه کارشناسی، پایان‌نامه یا رساله را دارید، در فایل `AUTthesis.tex` باید به ترتیب از گزینه‌های `bsc`، `msc` و `phd` استفاده کنید. با انتخاب هر کدام از این گزینه‌ها، تنظیمات مربوط به آنها به طور خودکار، اعمال می‌شود.

۳-۱ ماهیت داده

۱-۳-۱ انواع تصویربرداری

همان‌طور که در بخش؟؟ گفته شد، برای جلوگیری از شلوغی و سردرگمی کاربر در هنگام حروف‌چینی، قسمت‌های مختلف پایان‌نامه از جمله فصل‌ها، در فایل‌های جداگانه‌ای قرار داده شده‌اند. بنابراین، اگر می‌خواهید مثلاً مطالب فصل ۱ را تایپ کنید، باید فایل‌های `AUTthesis.tex` و `chapter1` را باز کنید و محتویات داخل فایل `chapter1` را پاک کرده و مطالب خود را تایپ کنید. توجه کنید که همان‌طور که قبلاً هم گفته شد، تنها فایل قابل اجرا، فایل `AUTthesis.tex` است. لذا برای دیدن حاصل (خروجی) فایل خود، باید فایل `chapter1` را `Save` کرده و سپس فایل `AUTthesis.tex` را اجرا کنید. یک نکته بدیهی که در اینجا وجود دارد، این است که لازم نیست که فصل‌های پایان‌نامه را به ترتیب تایپ کنید. می‌توانید ابتدا مطالب فصل ۳ را تایپ کنید و سپس مطالب فصل ۱ را تایپ کنید.

نکته بسیار مهمی که در اینجا باید گفته شود این است که سیستم `TEX`، محتویات یک فایل تک را به ترتیب پردازش می‌کند. به عنوان مثال، اگر فایلی، دارای ۴ خط دستور باشد، ابتدا خط ۱، بعد خط ۲، بعد خط ۳ و در آخر، خط ۴ پردازش می‌شود. بنابراین، اگر مثلاً مشغول تایپ مطالب فصل ۳ هستید، بهتر است که دو دستور `\include{chapter1}` و `\include{chapter2}` را در فایل `AUTthesis.tex`، غیرفعال^{۱۵} کنید. زیرا در غیر این صورت، ابتدا مطالب فصل ۱ و ۲ پردازش شده (که به درد ما نمی‌خورد؛ چون ما می‌خواهیم خروجی فصل ۳ را ببینیم) و سپس مطالب فصل ۳ پردازش می‌شود و این کار باعث طولانی شدن زمان اجرا می‌شود. زیرا هر چقدر حجم فایل اجرا شده، بیشتر باشد، زمان بیشتری هم برای اجرای آن، صرف می‌شود.

۲-۳-۱ انواع فرمت های تصویر

برای وارد کردن مراجع به فصل ۲ مراجعه کنید.

۳-۳-۱ آسیب های ممکن

برای وارد کردن واژه‌نامه فارسی به انگلیسی و برعکس، بهتر است مانند روش بکار رفته در فایل‌های `dicen2fa` و `dicfa2en` عمل کنید.

^{۱۵} برای غیرفعال کردن یک دستور، کافی است پشت آن، یک علامت `\%` بگذارید.

۴-۱ انتخاب روش نهایی

برای پرسیدن سوال‌های خود در مورد حروف‌چینی با زی‌پرشین، می‌توانید به **تالار گفتگوی پارسی‌لاتک**^{۱۶} مراجعه کنید. شما هم می‌توانید روزی به سوال‌های دیگران در این تالار، جواب بدهید.

¹⁶<http://www.forum.parsilatex.com>

فصل دوم

طریقه‌ی مرجع نویسی و واژه‌نامه

۱-۲ طریقه‌ی مرجع نویسی

برای نوشتن مراجع پایان نامه، برای راحتی کار به صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱-۱-۲ بارگیری مراجع

در ابتدا مراجع را باید از سایت‌های معتبر بارگیری کنیم، مثلاً برای ارجاع دادن به مقاله‌ی A classification of some Finsler connections and their applications به سایت **گوگل اسکولار** رفته و این مقاله را جستجو می‌کنیم. پس از پیدا کردن این مقاله، مانند شکل زیر، در زیر نام و چکیده‌ی مقاله، 5 گزینه وجود دارد که عبارتند از:

۱. Cited by

۲. Related articles

۳. All 6 versions

۴. Cite

۵. Save

A classification of some Finsler connections and their applications

B Bidabad, A Tayebi - arXiv preprint arXiv:0710.2816, 2007 - arxiv.org

Abstract: Some general Finsler connections are defined. Emphasis is being made on the Cartan tensor and its derivatives. Vanishing of the hv-curvature tensors of these connections characterizes Landsbergian, Berwaldian as well as Riemannian structures. This view ...

Cited by 13 Related articles All 6 versions Cite Save

شکل ۱-۲: نمونه یک مقاله در گوگل اسکولار

در اینجا ما به گزینه‌ی چهارم یعنی Cite احتیاج داریم. بر روی آن کلیک کرده و پنجره‌ای مانند شکل ۲-۲ باز می‌شود که دارای 4 گزینه‌ی زیر است:

۱. BibTeX

۲. EndNote

۳. RefMan

۴. RefWorks

روی گزینه‌ی اول، یعنی BibTeX کلیک کرده و همه‌ی نوشته‌های پنجره‌ی باز شده را مانند زیر، کپی کرده و در فایل references.bib موجود در فایل AUTthesis پیست می‌کنیم. سپس کلیدهای Ctrl+s را می‌زنیم تا فایل ذخیره شود.



شکل ۲-۲: پنجره‌ی باز شده در گوگل اسکولار

```
@ article{bidabad2007classification,
title={A classification of some Finsler connections and their applications},
author={Bidabad, Behroz and Tayebi, Akbar},
journal={arXiv preprint arXiv:0710.2816},
year={2007}
}
```

۲-۱-۲ روش ارجاع در متن

برای ارجاع دادن به مقاله‌ی بالا، باید در جایی که می‌خواهید ارجاع دهید، دستور زیر را تایپ کنید:

```
\cite{bidabad2007classification}
```

همانطور که مشاهده می‌کنید از کلمه‌ای که در سطر اول ادرس مقاله آمده (یعنی کلمه‌ی پس از @article{ استفاده کرده‌ایم. پس از دستور فوق، به صورت [؟] و [؟] مرجع خواهد خورد. توجه شود که در صورتی مراجع چاپ خواهند شد که در متن به آنها ارجاع داده شده باشد. همچنین برای ارجاع چندتایی از دستور \cite{name1, name2,...} استفاده کنید که به صورت [؟،؟،؟] ارجاع خواهند خورد.

۳-۱-۲ روش اجرای برنامه

ابتدا فایل AUT_thesis.tex را باز کرده و آن را دو بار اجرا کنید. سپس حالت اجرا را از Quick Build به حالت Bibtex تغییر داده و دوباره برنامه را اجرا کنید. دو بار دیگر برنامه را در حالت Quick Build اجرا کرده و نتیجه را مشاهده کنید. در این روش تمامی مراجع بر اساس اینکه کدام یک در متن زودتر به آن ارجاع داده شده لیست خواهند شد.

۴-۱-۲ مراجع فارسی

برای نوشتن مراجع فارسی باید به صورت دستی، در همان فایل قبلی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

```
@article{manifold,  
title={هندسه منیفلد},  
author={دکتر بهروز بیدآباد},  
journal={دانشگاه صنعتی امیرکبیر},  
year={1389},  
LANGUAGE={Persian}  
}
```

همانطور که مشاهده می‌کنید تنها تفاوت آن با حالت مراجع انگلیسی، سطر آخر آن می‌باشد که زبان را مشخص می‌کند که حتماً باید نوشته شود.

۲-۲ راهنمای واژه‌نامه

به دلیل پیچیدگی واژه‌نامه‌های موجود در سایت پارسی لاتک، از روش زیر برای نوشتن واژه‌نامه استفاده کنید:

ابتدا با استفاده از اکسل، واژه‌های خود را یک‌بار براساس حروف الفبای فارسی و بار دیگر انگلیسی مرتب کنید. سپس واژه‌ها را در فایل `dicfa2en` و `dicen2fa` قرار دهید.

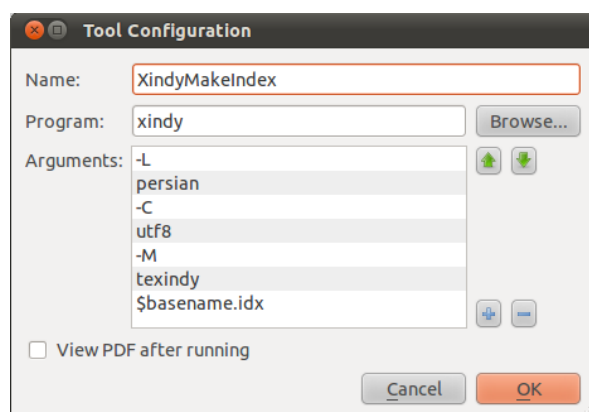
۳-۲ ساخت نمایه

۱-۳-۲ ساخت نمایه

۱. کلمات مورد نظر خود مثلاً `word` با دستور `\index{word}` ایندکس کنید.

۲. نحوه‌ی اجرای `Make Index` در ویرایشگرهای `TeX Maker` و `TeX Works`:

- تک‌میکر: از منوی `Tools` گزینه‌ی `Xindy Make Index` را کلیک کنید یا از دکمه‌های میانبر `Ctrl+Alt+I` استفاده کنید.
- تک‌ورکز: ابتدا باید مثل عکس زیر تنظیم و سپس گزینه‌ی `Xindy Make Index` انتخاب و روی دکمه‌ی سبز رنگ کلیک کنید یا از دکمه‌های `Ctrl+T` استفاده کنید.



شکل ۲-۳: تنظیمات مربوط به تک‌ورکز

فصل سوم

نگارش صحیح

۱-۳ مقدمه

فصل مقدمه یک پایان نامه، با بیان نیاز موضوع، تعریف مسئله و اهمیت آن در یک یا چند بند (پاراگراف) آغاز می‌شود^۱ و با مرور پیشینه موضوع (سابقه کارهای انجام‌شده پیشین که ارتباط مستقیمی با مسئله مورد بررسی دارند) ادامه می‌یابد. سپس در یک یا دو بند توضیح داده می‌شود که در این پایان نامه، چه دیدگاه یا راهکار جدیدی نسبت به مسئله (موضوع) مورد بررسی وجود دارد. به عبارت دیگر نوآوری‌ها به صورت کاملاً شفاف و صریح بیان می‌شود. در ادامه ممکن است به نتایج بدست‌آمده نیز به طور مختصر و کلی اشاره شود. در آخرین بند از مقدمه به محتوای فصل‌های بعدی پایان نامه به اختصار اشاره می‌شود. برای مشاهده دستورالعمل کامل دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) به [؟] یا به سایت کتابخانه دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) مراجعه نمایید.

نگارش صحیح یک پایان نامه در فهم آسان آن بسیار موثر است. در این فصل مهمترین قواعد نگارشی که باید مورد توجه جدی نگارنده قرار گیرد، به اختصار بیان می‌شود. این قواعد را می‌توان در محورهای اصلی زیر دسته‌بندی کرد:

- فارسی نویسی
- رعایت املای صحیح
- رعایت قواعد نشانه‌گذاری

۲-۳ فارسی نویسی

در حد امکان سعی کنید به جای کلمات غیرفارسی از معادل فارسی آنها استفاده کنید، به‌ویژه در مواردی که معادل فارسی مصطلح و رایج است. به‌طور مثال استفاده از کلمه «لذا» به جای «برای همین» یا «به‌همین دلیل» توجیهی ندارد. همچنین کلمه «پردازش» زیباتر از «پروسس» و معادل فارسی «ریزپردازنده» مناسب‌تر از «میکروپروسسور» است. در این گونه موارد چنانچه احتمال عدم آشنایی خواننده با معادل فارسی وجود دارد، یا اصطلاح غیرفارسی معمول‌تر است، در اولین ظهور کلمه فارسی، اصل غیرفارسی آن به صورت پاورقی آورده شود. اگر به‌ناچار باید کلمات انگلیسی در لابه‌لای جملات گنجانده شوند، از هر طرف یک فاصله بین آنها و کلمات فارسی پیش و پس از آنها در نظر گرفته شود. چنانچه در پایان نامه از مختصرنویسی استفاده شود، لازم است در اولین استفاده، تفصیل آن در پاورقی آورده شود.

۳-۳ رعایت املای صحیح

رعایت املای صحیح فارسی به مطالعه و درک راحت‌تر کمک می‌کند. همچنین در نوشته‌های فارسی باید در حد امکان از همزه «ء، ا، و، ه، إ، ئ» استفاده نشود. به عنوان مثال «اجزاء هواپیما» و «آئین نگارش» ناصحیح، اما «اجزای هواپیما» و «آیین نگارش» صحیح هستند.

^۱ شروع مقدمه نباید چنان طولانی باشد که هدف اصلی را تحت تاثیر قرار دهد.

۴-۳ رعایت قواعد نشانه گذاری

منظور از نشانه گذاری به کاربردن علامت‌ها و نشانه‌هایی است که خواندن و فهم درست یک جمله را ممکن و آسان می‌کند. در ادامه نشانه‌های معمول و متداول در زبان فارسی و موارد کاربرد آنها به اختصار معرفی می‌شوند.

۱-۴-۳ ویرگول

ویرگول نشانه ضرورت یک مکث کوتاه است و در موارد زیر به کار می‌رود:

- در میان دو کلمه که احتمال داده شود خواننده آنها را با کسره اضافه بخواند، یا نبودن ویرگول موجب بروز اشتباه در خواندن جمله شود.

- در موردی که کلمه یا عبارتی به عنوان توضیح، در ضمن یک جمله آورده شود. مثلاً برای کنترل وضعیت فضاپیماها، به دلیل آن که در خارج از جو هستند، نمی‌توان از بالک‌های آیرودینامیکی استفاده کرد.

- جداکردن بخش‌های مختلف یک نشانی یا یک مرجع

- موارد دیگر از این قبیل

پیش از ویرگول نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۲-۴-۳ نقطه

نقطه نشانه پایان یک جمله است. پیش از نقطه نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۳-۴-۳ دونقطه

موارد کاربرد دونقطه عبارتند از:

- پیش از نقل قول مستقیم

- پیش از بیان تفصیل مطلبی که به اجمال به آن اشاره شده است.

- پس از واژه‌ای که معنی آن در برابرش آورده و نوشته می‌شود.

- پس از کلمات تفسیرکننده از قبیل «یعنی» و ...

پیش از دونقطه نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۳-۴-۴ گیومه

موارد کاربرد گیومه عبارتند از:

- وقتی که عین گفته یا نوشته کسی را در ضمن نوشته و مطلب خود می‌آوریم.
- در آغاز و پایان کلمات و اصطلاحات علمی و یا هر کلمه و عبارتی که باید به صورت ممتاز از قسمت‌های دیگر نشان داده شود.
- در ذکر عنوان مقاله‌ها، رساله‌ها، اشعار، روزنامه‌ها و ...

۳-۴-۵ نشانه پرسشی

پیش از «؟» نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۳-۴-۶ خط تیره

موارد کاربرد خط تیره عبارتند از:

- جداکردن عبارت‌های توضیحی، بدل، عطف بیان و ...
- به جای حرف اضافه «تا» و «به» بین تاریخ‌ها، اعداد و کلمات

۳-۴-۷ پرانتز

موارد کاربرد پرانتز عبارتند از:

- به معنی «یا» و «یعنی» و وقتی که یک کلمه یا عبارت را برای توضیح بیشتر کلام بیاورند.
- وقتی که نویسنده بخواهد آگاهی‌های بیشتر (اطلاعات تکمیلی) به خواننده عرضه کند.
- برای ذکر مرجع در پایان مثال‌ها و شواهد.

نکته: بین کلمه یا عبارت داخل پرانتز و پرانتز باز و بسته نباید فاصله وجود داشته باشد.

۳-۵ جدا یا سرهم نوشتن برخی کلمات

تقریباً تمامی کلمات مرکب در زبان فارسی باید از هم جدا نوشته شوند؛ به استثنای صفات فاعلی مانند «عملگر»، «باغبان» و یا «دانشمند» و کلماتی نظیر «اینکه»، «آنها». در ادامه به نمونه‌هایی از مواردی که باید اجزای یک کلمه جدا، اما بدون فاصله نوشته شوند، اشاره می‌شود:

۱. در افعال مضارع و ماضی استمراری که با «می» شروع می‌شوند، لازم است که در عین جدا نوشتن، «می» از بخش بعدی فعل جدا نیافتد. برای این منظور باید از «فاصله متصل» استفاده و «می» در اول فعل با SS^۲ از آن جدا شود. به‌طور مثال «می‌شود» به‌جای «می شود».
۲. «ها»ی جمع باید از کلمه جمع بسته‌شده جدا نوشته شود؛ مگر در برخی کلمات مانند «آنها». این امر در مورد کلمات غیرفارسی که وارد زبان فارسی شده‌اند و با حرف «ها» جمع بسته می‌شوند، مانند «کانال‌ها» یا «فرمول‌ها» مورد تاکید است.
۳. حروف اضافه مانند «به» وقتی به‌صورت ترکیب ثابت همراه کلمه پس از خود آورده می‌شوند، بهتر است با SS از آن جدا شوند. مانند «به‌صورت»، «به‌عنوان» و «به‌لحاظ». لازم به ذکر است هنگامی که حرف اضافه «به» با کلمه پس از خود معنای قیدی داشته باشد، مثل «بشدت» یا «بسادگی»، بهتر است که به‌صورت چسبیده نوشته شود.
۴. کلمات فارسی نباید با قواعد عربی جمع بسته شوند؛ پس «پیشنهاده‌ها» صحیح و «پیشنهادات» اشتباه است.
۵. اسم‌ها و صفت‌های دوقسمتی مثل «خط‌چین» و «نوشته‌شده» با SS از هم جدا می‌شود.
۶. شناسه‌ها با SS از کلمه اصلی جدا می‌شود. مثل «شده‌اند» و «شده‌است».
۷. «است» هنگامی که نقش شناسه را داشته باشد توسط SS از قسمت اصلی جدا می‌شود. مانند «گفته‌است».
۸. بند پیشین نباید باعث افراط در استفاده از فاصله متصل شود. مثلاً عبارت «نوشته می‌شود» صحیح و عبارت «نوشته‌می‌شود» ناصحیح است.
۹. فعل‌های دوکلمه‌ای که معنای اجزای آنها کاملاً با معنای کل متفاوت است، بهتر است که با SS از هم جدا شوند.
۱۰. کلمات مرکب مثل کلمه «دوکلمه‌ای» در عبارت «فعل‌های دوکلمه‌ای» و «یادداشت‌برداری».
۱۱. مصدرهای دو قسمتی با SS از هم جدا می‌شوند. مثل «ذوب‌کردن» و «وارد‌کردن».
۱۲. صفات تفضیلی مثل «آسان‌تر».

^۲Shift+Ctrl+@

فصل چهارم

مشخصات یک پایان نامه و گزارش علمی

اگرچه برای همه انواع نوشته‌ها، مشخصات و ویژگی‌های واحد و معینی نمی‌توان ذکر کرد، با این حال در یک پایان نامه یا گزارش علمی باید نکات و موارد کلی که در این فصل ذکر می‌شود، بطور کامل رعایت شده باشد.

دقت کنید که پس از عنوان فصل باید حداقل توضیحی کوتاه در مورد موضوع نوشته شود و نمی‌توان مستقیماً بعد از آن عنوان بخش را نوشت و همین طور پس از عناوین بخش‌ها و زیربخش‌ها. (مانند دستورالعمل حاضر)

۴-۱ برخورداری از غنای علمی

یک پایان نامه باید پیش از هر چیز به لحاظ علمی از غنای لازم برخوردار باشد. یعنی هدف و پیام روشنی داشته باشد و از پیش‌زمینه علمی، بیان دلایل علمی، ارجاعات مورد نیاز و نتیجه‌گیری شفاف بهره ببرد.

۴-۲ ارجاع به موقع و صحیح به منابع دیگر

هر جمله‌ای که در یک پایان نامه نوشته می‌شود یا یک جمله کاملاً بدیهی است یا باید دلیل آن بیان شود و یا اینکه باید به منبعی که آن موضوع را نقل یا اثبات کرده، ارجاع داده شود. اگر مطلب یا گفتاری از منبعی عیناً در گزارش نقل می‌شود، باید آن مطلب داخل گیومه قرار گیرد و با ذکر ماخذ و شماره صفحه، به آن اشاره گردد.

۴-۳ ساده‌نویسی

سادگی از ضروریات یک نوشته است. نویسنده باید ساده، روان و در عین حال شیوا و رسا بنویسد و عبارات مبهم، جملات پیچیده و کلمات نامأنوس در نوشته خود به کار نبرد. اگر چه افراط در این امر نیز، به شیوایی نوشته صدمه می‌زند. به کارگیری لغات و اصطلاحات دشوار و دور از ذهن و عبارات و جملات نامنظم و مبهم موجب ایجاد اشکال در فهم خواننده خواهد شد.

برای ساده‌نویسی باید در حد امکان از به کارگیری کلمات «می‌بایست»، «بایستی»، «گردید»، «بوده باشد» و مانند آنها که تکلف‌آور، غلط مصطلح و یا غیرشیوا هستند، به جای «باید»، «است»، «شد» و مثل آنها، اجتناب شود. همین طور، «درجهت» نمی‌تواند جایگزین خوبی برای کلمه روانی مثل «برای» باشد. کلمات و جملات روان و ساده می‌توانند اغلب مفاهیم را براحتی منتقل کنند.

دقت در تنظیم بندها (پاراگراف‌ها) نیز کمک شایانی به روانی و سادگی فهم مطلب می‌کند. بندهای طولانی نیز مانند جملات طولانی می‌توانند خسته‌کننده باشند و خواننده را سردرگم کنند. یک بند نباید کمتر از سه یا چهار سطر یا بیشتر از 10 تا 15 سطر باشد.

۴-۴ وحدت موضوع

نویسنده باید در سراسر نوشته از اصل موضوع دور نیافتد و تمام بحث‌ها، مثال‌ها و اجزای نوشته با هماهنگی کامل، پیرامون موضوع اصلی باشد و تاثیری واحد در ذهن خواننده القا کند.

۴-۵ اختصار

پایان نامه یا گزارش علمی باید در حد امکان، مختصر و مفید باشد و از بحث‌های غیر ضروری در آن پرهیز شود. نوشتن مطالب ارزشمندی که هیچ ربطی به موضوع ندارد، فاقد ارزش علمی است.

۴-۶ رعایت نکات دستوری و نشانه‌گذاری

در سراسر پایان نامه باید قواعد دستوری رعایت شود و ارکان و اجزای جمله در جای مناسب خود آورده شود. همچنین رعایت قواعد نشانه‌گذاری سبب می‌شود که بیان نویسنده روشن باشد و خواننده به سهولت و با کمترین صرف انرژی مطالب را مطالعه و درک کند.

۴-۷ توجه به معلومات ذهنی مخاطب

نویسنده باید همواره مخاطب خود را در برابر خود تصور کند و با توجه به معلومات ذهنی مخاطب تمامی پیش‌نیازهای لازم برای درک مطالب مورد بحث را، از پیش برای مخاطب فراهم کند.

۴-۸ رعایت مراحل اصولی نگارش

هر کار علمی زمانی به بهترین شکل قابل انجام است که بر اساس یک برنامه‌ریزی مشخص انجام شود. تهیه یک متن علمی با کیفیت نیز نیازمند برنامه‌ریزی مناسب و اجرای منظم آن می‌باشد. مراحل نگارش را عموماً می‌توان به ترتیب زیر در نظر گرفت:

- تهیه فهرستی از عناوین اصلی و فرعی که باید نوشته شود
 - اولویت‌بندی و تعیین ترتیب منطقی فصل‌ها و بخش‌های گزارش
 - گردآوری اطلاعات اولیه راجع به هر بخش و زیربخش
 - تدوین مطالب جدیدی که باید به قلم نگارنده به گزارش اضافه شود
 - تایپ کردن مطالب با رعایت کامل نکاتی که در این دستورالعمل آموزش داده می‌شود
- رعایت نظم و ترتیب در اجرای مراحل ذکر شده هم فرآیند تهیه پایان نامه یا گزارش علمی را برای نگارنده آسان می‌کند و هم کیفیت نگارش را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد.

فصل پنجم

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در پایان گزارش‌های علمی و فنی لازم است که جمع‌بندی یا نتیجه‌گیری نهایی ارائه شود. در این موارد می‌توان آخرین فصل پایان نامه که پیش از مراجع قرار می‌گیرد را به این امر اختصاص داد.

۱-۵ پیشنهادات

در این بخش پیشنهاداتی که محقق جهت ادامه تحقیقات دارد ارائه می‌گردد. دقت شود که پیشنهادات باید از تحقیق انجام شده و نتایج آن حاصل شده باشد و از ذکر جملات کلی باید پرهیز کرد.

پیوست

موضوعات مرتبط با متن گزارش پایان نامه که در یکی از گروه‌های زیر قرار می‌گیرد، در بخش پیوست‌ها آورده شوند:

۱. اثبات‌های ریاضی یا عملیات ریاضی طولانی.
۲. داده و اطلاعات نمونه (های) مورد مطالعه (Case Study) چنانچه طولانی باشد.
۳. نتایج کارهای دیگران چنانچه نیاز به تفصیل باشد.
۴. مجموعه تعاریف متغیرها و پارامترها، چنانچه طولانی بوده و در متن به انجام نرسیده باشد.

کد میپل

```
with(DifferentialGeometry):  
with(Tensor):  
DGsetup([x, y, z], M)  
frame name: M  
a := evalDG(D_x)  
D_x  
b := evalDG(-2 y z D_x+2 x D_y/z^3-D_z/z^2)
```