

# گزارش کامپیوتر

سال سی و نهم، مهر و آبان ۱۳۹۶، شماره ۲۳۵، ۴۰۰۰ تومان



صاحب امتیاز: انجمن انفورماتیک ایران

مدیر مسئول و سردبیر: ابراهیم نقیبزاده مشایخ

مقاله‌ها و گزارشهای تالیفی یا ترجمه خود را برای گزارش کامپیوتر بفرستید. مطالب ارسالی را با خط خوانا (یا ماشین شده) بر یک روی کاغذ بنویسید فاصله کافی برای افزودن اصلاحات ویرایشی در بین خطها و حاشیه در نظر بگیرید. در صورت ارسال مطلب ترجمه شده، یک نسخه از اصل مطلب را نیز ارسال دارید. شکلا باید با روان‌نویس مشکی ترسیم و به صورت آماده چاپ ارسال شوند. مطالب ارسالی پس فرستاده نمی شوند.

مسئولیت مطالب گزارش کامپیوتر با نویسندگان است و لزوماً نشان دهنده نظر انجمن انفورماتیک ایران نیست. ذکر نام شرکتها و محصولات در مطالب گزارش کامپیوتر برای ارائه اطلاع به خوانندگان است و نباید به معنی تأیید انجمن از آنها تلقی شود.

تمام حقوق به انجمن انفورماتیک ایران متعلق است. نقل مطالب گزارش کامپیوتر با ذکر منبع بلامانع است.

سازمان آگهی‌ها: مهناز خاوندکار

تلفکس: ۸۸۳۲۸۴۱۷-۲۱

حروفچینی: تارتن سامانه

لیتوگرافی: نگارین پرتو ۷۷۵۳۰۳۰۷

چاپ علوی تهران: ۶۶۷۰۱۵۲۷

خ جمهوری، ۳۰ تیر، کوچه مصری پور، پلاک ۲۵۶

## • مقاله

- ۸ بهبود ژنتیکی نرم افزار در مهندسی نرم افزار مبتنی بر جست و جو - علیرضا خلیلیان
- ۱۲ روش مبتنی بر قاعده جهت بهبود کارایی سامانه های استخراج آزاد اطلاعات - وحیده رشادت، مریم حورعلی، هشام فیلی
- ۳۶ درس هایی در مهندسی نرم افزار: چالش کیفیت نرم افزار - سیدعلی آذرکار
- ۴۶ مروری بر استفاده از داده کاوی در ورزش - نعیمه محمدعلی پور، هدیه ساجدی

## • گزارش

- ۱۸ دومین کنگره جهانی منابع آموزشی باز - فریده مشایخ
- ۴۴ فعالیت های یک ساله انجمن انفورماتیک ایران (مهرماه ۱۳۹۵ تا مهرماه ۱۳۹۶)

## • بخش ها

- ۲ اخبار (انجمن، ایران، جهان)
- ۲۱ دیدگاه - واگذاری بازبینی و تدوین برنامه های درسی به دانشگاه ها - سید ابراهیم ابطی
- ۲۴ خواندنی - پیدایش مهندسی نرم افزار (قسمت نهم) - ابراهیم نقیبزاده مشایخ
- ۵۳ کتاب شناسی - بُن انگاره معماری الگوریتمیک و جعبه ابزار آزادی بیان - سید ابراهیم ابطی
- ۵۷ استاندارد - معرفی استاندارد ۳۰۷۴۱: راهنمای ارزشیابی و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم افزار - سیدعلی آذرکار
- ۶۵ سرگرمی

## اعضای هیئت تحریریه و ویراستاران علمی

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| • مهندس سید ابراهیم ابطی | • دکتر هدیه ساجدی         |
| • دکتر مجید علیزاده      | • دکتر لطفعلی بخشی        |
| • دکتر کامبیز بدیع       | • دکتر علی رضا باقری      |
| • مهندس سعید امامی       | • دکتر محسن صدیقی مشکنانی |
| • دکتر محمد صنعتی        | • دکتر اسلام ناظمی        |
| • دکتر عباس نوذری دالینی | • دکتر محمد گنج تابش      |

## اخبار انجمن

## دریافت برگ قطعی عملکرد مالیاتی انجمن

عملکرد مالی انجمن در سال ۱۳۹۴ مورد بررسی ممیز مالیاتی قرار گرفت و پس از ارائه دفاتر قانونی و مدارک مورد درخواست، سرانجام برگ قطعی عملکرد مالیاتی سال ۱۳۹۴ انجمن صادر گردید.

لازم به ذکر است که مجموعاً مبلغ ۱۷/۳۸۰/۰۹۳ ریال مالیات برای انجمن در نظر گرفته شده بود که ۱۳/۰۰۰/۴۷۳ ریال آن بابت مالیات تکلیفی و بقیه مالیات حقوق و مالیات عملکرد بود.

## راه اندازی کانال خبری انجمن در تلگرام

کانال خبری انجمن انفورماتیک ایران در تلگرام راه اندازی شد. از این پس علاقه‌مندان می‌توانند علاوه بر وبگاه انجمن، از طریق نشانی [https://telegram.me/isi\\_news](https://telegram.me/isi_news) نیز از اخبار انجمن آگاهی پیدا کنند.

## چاپ پنجمین شماره مجله علوم رایانشی

پنجمین شماره مجله علوم رایانشی، نشریه علمی-ترویجی انجمن انفورماتیک ایران، در

تابستان امسال منتشر شد.

در این شماره، ۶ مقاله با عنوان‌های زیر به چاپ رسیده است:

- ارزیابی و مقایسه تازه‌ترین فنون آزمون پس‌نمایی نرم‌افزار
- طبقه‌بندی ترافیک شبکه با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی بهبود یافته
- افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم مبتنی بر حرکت قابل پیش‌بینی چاهک‌ها
- ترکیب وب‌سرویس خودکار آگاه از QoS بر مبنای عوامل همیار با استفاده از الگوریتم دسته‌بندی Top-k

• تعمیر خودکار برنامه‌ها: بررسی ادبیات و مرور نظام یافته فنون شاخص

• معماری توزیع شده مبتنی بر اینترنت اشیاء برای ردیابی وسایل نقلیه با استفاده از فناوری RFID

لازم به ذکر است که کلیه شماره‌های مجله علوم رایانشی از طریق وبگاه این مجله به نشانی [csj.isi.org.ir](http://csj.isi.org.ir) در دسترس علاقه‌مندان قرار دارد.

## برگزاری دوره‌های تخصصی برای سازمان‌ها

گروه تخصصی «راهبری و مدیریت خدمات فناوری اطلاعات» انجمن انفورماتیک ایران

آمادگی برگزاری دوره‌های زیر را برای کارشناسان سازمان‌های مختلف در محل آن سازمان دارد.

- ۱- کارگاه نیم روزه تدوین توافقه‌نامه‌های سطح خدمات
- ۲- کارگاه یک روزه طراحی و استقرار پیشخوان خدمات
- ۳- کارگاه نیم روزه طراحی کاتالوگ خدمات
- ۴- کارگاه یک روزه ابزارهای مدیریت خدمات فناوری اطلاعات
- ۵- کارگاه نیم روزه برون‌سپاری خدمات و محصولات فناوری اطلاعات
- ۶- کارگاه نیم روزه همسوسازی IT با کسب و کار (IT Alignment) از طریق COBIT5
- ۷- کارگاه یک روزه راهبری فناوری اطلاعات (IT Governance) از طریق COBIT5
- ۸- کارگاه یک روزه راهبری فناوری اطلاعات (IT Governance)
- ۹- کارگاه نیم روزه مدیریت تدوین کسب و کار ISO2012:22301
- ۱۰- کارگاه نیم روزه راهبری فناوری اطلاعات و ITBSC
- ۱۱- کارگاه نیم روزه تدوین راهبرد خدمات فناوری اطلاعات
- ۱۲- کارگاه یک روزه مدیریت خدمات فناوری اطلاعات
- ۱۳- کارگاه سه روزه ITIL V3 Foundation 2011

می‌توانند به وبگاه [www.biconf.ir](http://www.biconf.ir) مراجعه کنند.

## دومین جشنواره وب و کسب و کار

وزارت صنعت، معدن و تجارت با هدف گسترش و ارتقاء اثربخشی فناوری اطلاعات در فضای کسب و کار دومین جشنواره وب و کسب و کار در بنگاه‌های صنعتی، معدنی و تجاری را با موضوع محوری ارزیابی وبگاه‌ها و پورتال‌ها و سامانه‌های تحت وب واحدهای صنعتی، معدنی و تجاری برگزار می‌کند. یکی از بخش‌های اصلی این جشنواره، اهداء نشان برتر تعاملات الکترونیکی به برگزیدگان حائز شرایط به تشخیص هیئت ارزیابی است. مراسم پایان این جشنواره در تاریخ ۲۰ آذر ۱۳۹۶ خواهد بود. نشانی وبگاه جشنواره [webfestival.mimt.gov.ir](http://webfestival.mimt.gov.ir) است.

## کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در زبان‌شناسی رایانشی

مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری، نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در زبان‌شناسی رایانشی (با محوریت خط و زبان فارسی) را در اسفندماه ۱۳۹۶ در محل این مرکز در شیراز برگزار می‌کند. انجمن انفورماتیک ایران از حامیان علمی و معنوی این کنفرانس است. نشانی وبگاه کنفرانس <http://www.ricest.ac.ir> است.

## کنفرانس فناوری اطلاعات و ارتباطات در نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی

ششمین کنفرانس و نمایشگاه فناوری اطلاعات و ارتباطات در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی با هدف توسعه و بهره‌مندی حداکثری از راهکارها و فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات در اره‌برداری‌ترین صنعت کشور، در روزهای ۲۷ و ۲۸ آذرماه ۱۳۹۶ در

- الگوریتم‌ها و نظریه محاسبات
- پردازش سیگنال
- معماری کامپیوتر و سیستم‌های دیجیتال
- سیستم‌های هوشمند و رایانش نرم
- شبکه‌های پیچیده و اجتماعی
- کلان داده‌ها و رایانش ابری
- رایانش امن
- علاقه‌مندان برای دریافت اطلاعات بیشتر و آگاهی از تاریخ‌های مهم کنفرانس می‌توانند به وبگاه <http://csi.org.ir/fa/conf/csicc2018> مراجعه کنند.

## کنفرانس ملی کاربردی‌سازی هوش تجاری

کنفرانس ملی کاربردی‌سازی هوش تجاری (راهکارها و چالش‌ها) در تاریخ ۲ آذرماه ۱۳۹۶ در دانشگاه علم و صنعت ایران برگزار می‌شود.

- محورهای کنفرانس عبارتند از:
- داشبوردها و گزارش‌های مدیریتی
- داده کاوی و روش‌های پیش‌بینی
- شاخص‌های کلیدی و عملکرد در هوش تجاری
- مزیت رقابتی حاصل از استقرار سیستم‌های هوش تجاری در سازمان‌ها
- فرهنگ سازمانی برای استقرار موفق هوش تجاری در سازمان
- راهکارهای تسریع گسترش فناوری هوش تجاری در ایران
- در حاشیه برگزاری این کنفرانس، چهار کارگاه آموزشی زیر نیز برگزار خواهد شد:
- ۱- کارگاه استراتژی تجاری جهت هوش تجاری
- ۲- کارگاه تحلیل هوشمند کلان داده‌ها با هدف بهره‌برداری در هوش تجاری
- ۳- کارگاه ساخت داشبورد هوشمند در مدیریت ارتباط با مشتری
- ۴- کارگاه آموزشی یادگیری عمیق
- لازم به ذکر است که انجمن انفورماتیک ایران جزء حامیان معنوی این کنفرانس است.
- علاقه‌مندان برای دریافت اطلاعات تکمیلی

۱۴- کارگاه یک روزه مدیریت مخاطرات فناوری اطلاعات

۱۵- کارگاه سه روزه دوره جامع COBIT5

۱۶- کارگاه نیم روزه توسعه نیازمندی‌ها مبتنی بر چارچوب CCMI-ACQ و استاندارد ISO/IEC29148:2011

۱۷- دوره دو روزه اسکرام مستر حرفه‌ای ویژگی‌های این کارگاه‌ها عبارتند از:

- مشارکت گروهی، بحث و انجام سناریو، حل نمونه آزمون‌های امتحانی
- استفاده از مثال‌های مرتبط با حوزه فعالیت هر کسب و کار

- برگزاری دوره حداقل توسط دو مدرس دارای مدرک بین‌المللی
- برگزاری دوره در محل سازمان متقاضی
- ارائه مدرک شرکت در دوره از سوی انجمن انفورماتیک ایران
- ارائه مستندات آموزشی
- علاقه‌مندان می‌توانند با دفتر انجمن انفورماتیک ایران (۶۶۴۱۲۸۶۱ و ۶۶۴۱۲۹۷۶) و یا نشانی پست الکترونیکی [member@isi.org.ir](mailto:member@isi.org.ir) تماس بگیرند.

## اخبار ایران

## بیست و سومین کنفرانس انجمن کامپیوتر ایران

بیست و سومین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، در تاریخ ۹ و ۱۰ اسفندماه ۱۳۹۶ در محل دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی شریف تهران برگزار می‌گردد. تأکید این کنفرانس بر جنبه‌های بنیادی، کاربردی، راهبردی و توسعه‌ای است که از سودمندی خاص در سطح کشور برخوردارند. یازده شاخه اصلی کنفرانس ملی کامپیوتر عبارتند از:

- سیستم‌ها و فناوری‌های اطلاعاتی
- سیستم‌های توزیعی و شبکه‌ای
- مهندسی نرم‌افزار
- سیستم‌های سایبری فیزیکی و اینترنت اشیا

مرکز همایش‌های بین‌المللی دانشگاه شهید بهشتی برگزار می‌گردد.  
نشانی وبگاه کنفرانس [www.petroict.com](http://www.petroict.com) است.

### اولین همایش ملی ساخت داخل

اولین همایش ملی ساخت داخل توسط مرکز توسعه خودکفایی دانشگاه صنعتی شریف در تاریخ ۱۲ و ۱۳ اسفندماه ۱۳۹۶ در محل آن دانشگاه برگزار خواهد شد.  
محورهای این همایش عبارتند از:  
• مدیریت پروژه‌های ساخت داخل  
• جایگاه انتقال فناوری در ساخت داخل  
• مهندسی سیستم، مدل‌ها و فرایندهای مدیریت زنجیره تأمین  
• فرصت‌ها و چالش‌ها  
• مهندسی معکوس، مدل‌ها و فرایندها  
• تنظیم قراردادهای بین‌المللی با رویکرد توان داخل  
• تأمین مالی پروژه‌های سخت داخل  
نشانی وبگاه این همایش <http://ncle.sharif.ir> است.

### اولین همایش بین‌المللی زیست‌شناسی محاسباتی

اولین همایش بین‌المللی زیست‌شناسی محاسباتی در تاریخ ۲۱ تا ۲۳ آذرماه ۱۳۹۶ در دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر دانشگاه امیرکبیر برگزار خواهد شد.  
نشانی وبگاه این همایش [www.bioinformatics.aut.ac.ir/workshop](http://www.bioinformatics.aut.ac.ir/workshop) است.

### پنجمین همایش ملی مدیران فناوری اطلاعات

پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) با همکاری مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات و امنیت ریاست جمهوری، پنجمین همایش ملی مدیران فناوری اطلاعات را با موضوع «حکمرانی داده‌ها از دیدگاه علوم و فناوری اطلاعات» در تاریخ یکم آذرماه

۱۳۹۶ در سالن اجلاس سران نهاد ریاست جمهوری در تهران برگزار می‌کند.  
این همایش که تکیه بر تجربه‌های کاربردی و یافته‌های کاربست‌پذیر دارد، در سه محور علمی- فناوری، سیاسی- مدیریتی و اجتماعی- فرهنگی مقاله می‌پذیرد و جوایزی به مقالات برتر اهداء خواهد شد.  
سومین جایزه ملی فناوری اطلاعات برتر (فاب) نیز همزمان با برگزاری همایش ملی مدیران فناوری اطلاعات در سه سطح طلایی، نقره‌ای و برنزی به برگزیدگان داده خواهد شد.  
اهداف این جایزه، تشویق به توسعه محصولات فناورانه، کمک به تولید و صادرات محصولات، معرفی محصولات فناورانه در نمایشگاه تخصصی فناوری اطلاعات و کمک به ایجاد بازار است.  
علاقه‌مندان برای دریافت اطلاعات تکمیلی می‌توانند به نشانی اینترنتی [ITConference@irandoc.ir](mailto:ITConference@irandoc.ir) مراجعه کنند.

### هفتمین همایش بیوانفورماتیک ایران

انجمن بیوانفورماتیک ایران با همکاری دانشگاه تربیت مدرس، هفتمین همایش بیوانفورماتیک ایران را در دی ماه ۱۳۹۶ برگزار می‌کند.  
محورهای اصلی این همایش عبارتند از:  
• داده کاوی در زیست‌شناسی  
• زیست‌شناسی تکاملی محاسباتی  
• بیوانفورماتیک ساختاری  
• کشف و طراحی محاسبات دارو  
• آنالیز داده‌های نسل جدید توالی‌یابی  
• آنالیز شبکه‌های زیستی  
• مدل‌سازی ریاضی و آماری در زیست‌شناسی  
این همایش دارای امتیاز بازآموزی همراه با برگزاری کارگاه آموزشی است.  
نشانی وبگاه همایش [www.icb7.ir](http://www.icb7.ir) است.

### نخستین کنفرانس تحقیقات بازی‌های دیجیتال

نخستین کنفرانس «تحقیقات بازی‌های دیجیتال: گرایش‌ها، فناوری‌ها و کاربردها

(DGRC) توسط بنیاد ملی بازی‌های رایانه‌ای و با همکاری دانشگاه علم و صنعت ایران در دوم آذرماه ۱۳۹۶ به میزبانی آن دانشگاه برگزار خواهد شد. این کنفرانس قرار است به‌صورت سالانه و گردشی بین دانشگاه‌ها برگزار شود و تمامی دانشگاه‌های معتبر کشور که در حوزه بازی‌ها دیجیتال به تحقیق و پژوهش و آموزش اشتغال دارند در برگزاری آن مشارکت خواهند داشت.  
محورهای اصلی این کنفرانس در سال جاری عبارتند از:  
• خوشه اول: گرافیک رایانه‌ای و بازی‌های دیجیتال  
• خوشه دوم: هوش مصنوعی و بازی‌های دیجیتال  
• خوشه سوم: جنبه‌های فنی، الگوریتم‌ها و معماری‌های بازی‌های دیجیتال  
• خوشه چهارم: پردازش بازی‌های دیجیتال  
• خوشه پنجم: بازی‌های جدی و بازی‌وارسازی  
• خوشه ششم: ابعاد رفتاری و اجتماعی بازی‌های دیجیتال  
• خوشه هفتم: تعامل‌پذیری در بازی‌های دیجیتال  
• خوشه هشتم: هنر و طراحی بازی‌های دیجیتال  
• خوشه نهم: اقتصاد، مدیریت و کسب و کار در بازی‌های دیجیتال  
لازم به ذکر است که انجمن انفورماتیک ایران از حامیان برگزاری این کنفرانس است.  
نشانی وبگاه کنفرانس [www.dgrconf.com](http://www.dgrconf.com) می‌باشد.

### سمپوزیوم بین‌المللی سیستم‌ها و فناوری‌های نهفته و بیدرنگ

انجمن کامپیوتر ایران و دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، سمپوزیوم بین‌المللی سیستم‌ها و فناوری‌های نهفته و بیدرنگ را در تاریخ ۱۹ و ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۷ در محل دانشگاه تهران برگزار خواهند کرد.  
محورهای اصلی این همایش عبارتند از:

- سیستم‌های سایبر فیزیکی
- اینترنت اشیاء
- نرم‌افزار نهفته و بیدرنگ

نشانی وبگاه این سمپوزیوم [2018.rtest-conf.org](http://2018.rtest-conf.org) است.

## اخبار جهان

### خدمات وب، سودآورترین بخش آمازون

آخرین نتایج سه ماهه منتهی به ۳۰ سپتامبر ۲۰۱۷ نشان می‌دهد که خدمات وب آمازون (AWS) همچنان نقشی کلیدی در درآمد این شرکت بازی می‌کند.

درآمد خدمات وب آمازون در این سه ماهه با ۴۲ درصد رشد سالانه به ۴/۵۸ میلیارد دلار بالغ گشته است. درآمد کل آمازون در این دوره ۴۳/۷ میلیارد دلار بوده است.

کامپیوتر ویکی، ۲۷ اکتبر ۲۰۱۷

### آخرین نسخه مرورگر کروم

گوگل در این هفته آخرین نسخه کروم را به نام کروم ۶۲ برای سیستم عامل‌های ویندوز، مک‌اواس و لینوکس عرضه کرد. در این نسخه نزدیک به سه دوجین منافذ امنیتی اصلاح شده‌اند.

کروم در پس‌زمینه بروز رسانی می‌شود، در نتیجه کاربران می‌توانند به سادگی با راه‌اندازی مجدد مرورگر، آخرین نسخه را به دست آورند. شرکت گوگل هر شش تا هفت هفته یکبار کروم را بروز رسانی می‌کند. آخرین نسخه بروز رسانی شده این مرورگر، کروم ۶۱، در ۶ سپتامبر عرضه شده بود.

کروم ۶۲ در دو حالت به کاربران در مورد ناامن بودن یک وبگاه هشدار می‌دهد: (۱) اگر با یک گواهی نامۀ دیجیتال رمزگذاری نشده باشد و (۲) اگر کاربر بخواهد حوزه‌ای از یک فرم را بر روی صفحه پر کند. در این حالت‌ها، کاربران متن «ناامن» را در سمت چپ نوار نشانی‌ها خواهد دید.

هشدار «ناامن» آخرین اقدام گوگل برای فشار آوردن به تمام وبگاه‌ها برای رمزگذاری ترافیکشان است. کروم هم‌اکنون اگر یک وبگاه رمزگذاری نشده اقدام به دریافت گذرواژه یا اطلاعات کارت اعتباری کند، هشدار صوتی صادر می‌کند. و نهایتاً کروم هشدار «ناامن» را بر روی هر صفحه HTTP نشان خواهد داد.

در نسخه جدید کروم، ۳۵ منفذ امنیتی اصلاح گردیده است. گوگل به پژوهشگران امنیت به ازای گزارش هر منفذ امنیتی بالغ بر چهل هزار دلار جایزه می‌دهد. بنابر اعلان گوگل، نسخه بعدی مرورگر کروم، کروم ۶۳، در هفته ۳ تا ۹ دسامبر عرضه خواهد شد.

کامپیوتر ورلد، ۲۰ اکتبر ۲۰۱۷

### ماشین‌ها به انسان‌ها خواهند گفت چکار کنند نه انسان‌ها به ماشین‌ها

جنرال الکتریک ۶۵۰ دکل حفاری نفت بریتیش پترولیوم (BP) را با حسگرها و نرم‌افزاری مجهز کرده است که داده‌های عملیاتی را به بُن‌سازه مرکزی جنرال الکتریک گزارش می‌کند تا برای بهینه‌سازی حرکت دکل حفاری مورد تحلیل قرار گیرند. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با این کار، ۲ تا ۴ درصد کارایی بیشتر به دست آمده است. جیم فالور، مدیرعامل جنرال الکتریک، بخش مهم این پیشرفت را ناشی از ماشین‌ها و نه کارگران می‌داند. به گفته او «اکنون بیشتر ماشین‌ها به انسان‌ها می‌گویند چکار کنند تا انسان‌ها به ماشین‌ها.» حسگرها و بُن‌سازه نرم‌افزاری همراه آن به پیشرفت مرحله‌ای در تولید و پیشگیری از خرابی کمک کرده‌اند. او این را ادغام فناوری اطلاعات و فناوری عملیاتی برای ارزش آفرینی می‌خواند. ماشین‌هایی که به این سامانه‌های پیشرفته مجهز باشند می‌توانند مشکلات را خودشان تشخیص دهند و بدین ترتیب عملیات نگهداری را سرعت بخشند و از زمان خرابی

دستگاه بکاهند. برنامه (app) «فیلدویژن» جنرال الکتریک از این رویکرد در خطوط تولید خود جنرال الکتریک که به تولید توربین‌های گازی و تجهیزات عکس برداری پزشکی می‌پردازد، استفاده می‌کند. اکنون این دستگاه‌ها خودشان داده‌های تشخیصی را به یک رایانه مرکزی گزارش می‌کنند و اگر قطعه‌ای در تجهیزات به تعویض نیاز داشته باشد، سامانه به‌طور خودکار، فرایند زنجیره تأمین را برای سفارش آن آغاز می‌کند.

فالور این را تکامل بعدی سامانه‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP) می‌نامد: برنامه‌ریزی منابع ماشین (MRP). هنگامی که کارگران برای تعمیر یک ماشین مراجعه می‌کنند، قطعات مورد نیازشان آماده است و دیگر نیازی به صرف وقت برای تشخیص مشکل ندارند. به گفته فالور، هوش مصنوعی برای تعیین ۷۵٪ از محدوده کاری بسیاری از تعمیرات، مورد استفاده قرار می‌گیرد. «ما می‌دانیم چه قطعاتی باید آورده شود، به چه تخصص‌هایی نیاز است و از سابقه نگهداری‌های قبلی ماشین اطلاع کامل داریم.» جنرال الکتریک امیدوار است که بدین ترتیب ۲/۵ میلیون دلار در هزینه‌های تولید امسال صرفه جویی شود.

جنرال الکتریک این فناوری را در دسترس مشتریان نیز قرار می‌دهد. هدف از این کار، بالابردن زمان کار سامانه‌های مشتریان و توان عملیاتی آن سامانه‌هاست، یعنی ماشین‌ها بیش از آنچه برای آن طراحی شده بودند، تولید خواهند کرد. فالور می‌گوید این امر نهایتاً ۱۰ میلیارد دلار درآمد برای جنرال الکتریک ایجاد خواهد کرد.

آی‌تی ورلد، ۱۸ اکتبر ۲۰۱۷

### بارگیری رایگان رساله دکتری استیون هاو کینگ

دانشگاه کمبریج رساله دکتری استیون هاو کینگ، فیزیکدان سرشناس، را در دسترس عموم قرار داد. این رساله که در سال ۱۹۶۶ نوشته شده، تا این تاریخ به

قیمت ۸۵ دلار از سوی دانشگاه کمبریج به فروش می‌رفت.

عنوان رساله استیون هاو کینگ «خواص جهان‌های در حال بسط» است و اکنون دانشگاه کمبریج آن را در دو نسخه در قالب پی‌دی‌اف یکی با تفکیک‌پذیری بالا به حجم ۷۲ مگابایت و دیگری با تفکیک‌پذیری معمولی به حجم تقریباً نصف قبلی، برای بارگیری عموم آماده کرده است.

در همان روزی که بارگیری این رساله رایگان شد، بیش از شصت هزار نفر برای بارگیری آن اقدام کردند که این امر رایانه‌های کارساز (server) دانشگاه را با مشکل روبرو کرد. همچنین در آن روز، این رساله در حدود ۲ میلیون بار از ۸۰۰ هزار مرورگر در سراسر جهان دیده شده است.

برای مقایسه، سایر رساله‌های «محبوب» که بر روی وبگاه دانشگاه کمبریج قرار دارند، نزدیک به ۱۰۰ بازدیدکننده در ماه دارند. البته این که چند نفر از کسانی که رساله دکتری هاو کینگ را می‌خوانند کاملاً آن را درک می‌کنند مسئله دیگری است.

استیون هاو کینگ در این مورد گفته است: «با دادن دستیابی رایگان به رساله دکتری، امیدوارم الهام‌بخش مردم سراسر جهان شوم که به ستاره‌ها بنگرند و نه جلوی پایشان. و درباره مکان ما در جهان هستی کنجکاو شوند و سعی کنند کیهان و عالم کائنات را بهتر درک کنند.»

فورچون، ۲۴ اکتبر ۲۰۱۷

## آمار در آمد سه ماهه مایکروسافت

شرکت مایکروسافت در آمد سه ماهه منتهی به ۳۰ سپتامبر خود را ۲۴/۵ میلیارد دلار گزارش کرد. رشد کاربران مجموعه محصولات آفیس، آزور (بن‌سازه رایانش ابری) و دینامیکس ۳۶۵ (کاربردهای کسب و کار هوشمند)، نقش عمده‌ای در درآمد مایکروسافت داشته‌اند. بنابر اعلان مایکروسافت، رشد درآمد محصولات آفیس ۴۲٪، آزور ۹۰٪ و دینامیکس ۳۶۵ نزدیک به ۶۵٪ بوده است.

لینکداین که سال گذشته به قیمت ۲۶ میلیارد دلار توسط مایکروسافت خریداری شد، ۵٪ از درآمد شرکت را تشکیل داده است. بنابر اعلان مایکروسافت، لینکداین هم اکنون ۵۳۰ میلیون کاربر دارد.

کامپیوتر ویکی، ۳۰ اکتبر ۲۰۱۷

## هوش مصنوعی در خدمت اینترنت اشیاء

شرکت آی‌بی‌ام تلاش می‌کند با مهارتی که در زمینه هوش مصنوعی دارد، آن را در زمینه اینترنت اشیاء به کار گیرد. آی‌بی‌ام فکر می‌کند که سیستم هوش مصنوعی واتسون، بن‌سازه ایده‌آلی برای اینترنت اشیاء خواهد بود. این حوزه‌ای است که تاکنون فقط چند شرکت مستقیماً به آن پرداخته‌اند. تا کنون در زمینه اتصال دستگاه‌های جدید به شبکه، کارهای زیادی صورت گرفته است اما در مقایسه، کار هدفمند کمی در باره جریان داده‌های جدیدی که بر اثر آن به دست می‌آید، انجام شده است.

به گفته نایب رئیس اینترنت اشیاء آی‌بی‌ام، «ما واتسون را در سطح بن‌سازه خود قرار می‌دهیم. ما واتسون را در راه‌حل‌های مهندسی و عملیاتی خود داریم. ما موضوعات جدیدی مانند خدمات صوتی و تحلیل تصاویر داریم که کاملاً با واتسون انجام می‌شوند. اینترنت اشیاء نیز نهایتاً هنگامی جالب‌تر خواهد بود که با انسان‌ها تعامل داشته باشد.» واتسون تمام اطلاعات را از دستگاه‌ها و محیط پیرامون آن‌ها می‌گیرد و بینشی به دست می‌دهد که به مدیریت بهتر دستگاه کمک می‌کند. همچنین این داده‌ها در اختیار افراد گذاشته می‌شوند و یک رابط انسان-ماشین را فراهم می‌سازند.

آی‌تی‌ورلد، ۲۳ اکتبر ۲۰۱۷

## استقبال زیاد از بانک تلفنی N26

تعداد مشتریان بانک N26 که بر پایه تلفن

هوشمند کار می‌کند، ظرف دو سال سه برابر خواهد شد. مدیرعامل این بانک انتظار دارد که طی دو تا سه سال آینده، ۵ تا ۱۰ درصد از مشتریان ۱۸ تا ۳۵ ساله بانک‌های سنتی را در بازار اصلی اروپا به سوی خود جلب کند. این شرکت آلمانی که مقر آن در برلین است، در ماه‌های اخیر روزی ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ مشتری جلب نموده و انتظار دارد که ظرف دو سال، ۵۰۰،۰۰۰ کاربر فعلی خود را به ۱/۵ میلیون نفر برساند.

این شرکت که لی‌کاشینگ، میلیارد چینی، و پیترو تیل، سرمایه‌گذار دره سیلیکان، را در بین سهامداران اصلیش دارد، با بانک‌های سنتی که دارای شعبه می‌باشند رقابت می‌کند و مجموعه‌ای از خدمات بانکداری را ارائه می‌کند که مشتریانانش می‌توانند از طریق تلفن‌های هوشمند، به‌طور کامل از آن‌ها استفاده کنند. این بانک همچنین با رقابت بانک‌های دیجیتالی دیگر مانند ری‌ولت و مونزو روبرو می‌باشد.

این شرکت از بدو راه‌اندازی در سال ۲۰۱۵، به سرعت به ۱۷ کشور اروپایی گسترش یافته و به تازگی اعلام کرده است که سال آینده عملیات خود را در انگلستان و آمریکا نیز آغاز خواهد کرد.

بانک N26 حساب جاری رایگان در اختیار مشتریان قرار می‌دهد و عمده درآمدش را از طریق استفاده از کارت بانکی، پس‌انداز، خدمات اعتباری و بیمه‌ای به دست می‌آورد. هزینه‌های بازاریابی این بانک بین ۵ تا ۱۰ میلیون یورو در سال است که بسیار کمتر از بانک‌های سنتی می‌باشد.

رویترز، ۶ نوامبر ۲۰۱۷

## یک میلیارد اتصال بیسیم به اینترنت در آفریقا در پنج سال

براساس مطالعه‌ای که در قاره آفریقا صورت گرفته است، تعداد اتصالات بیسیم به اینترنت در این قاره در پنج سال آینده دوبرابر خواهد شد و به یک میلیارد اتصال خواهد رسید. این تعداد در حال حاضر ۴۱۹ میلیون اتصال است. اپراتورهای تلفن همراه در آفریقا سرمایه‌گذاری

اپل می‌کند. با وجودی که هزینه تولید آیفون ۱۰، ۲۵ درصد بیشتر از آیفون ۸ برای اپل تمام می‌شود، اما خرده‌فروشی آن ۴۳ درصد بالاتر است.

این یافته، تعجب برانگیز است زیرا محصولات فناوری با گذشت زمان سودآورتر می‌شوند زیرا قیمت قطعات آن کاهش می‌یابد. آیفون ۱۰ با طراحی جدید به تازگی به بازار عرضه شده در حالی که آیفون ۸ نسخه بروزرسانی شده آیفون ۷ سال پیش است که آن نیز خود مشابه آیفون ۶ است که در سال ۲۰۱۴ عرضه شد. هزینه ساخت آیفون ۱۰، ۳۵۷/۵ دلار تمام می‌شود که در آمریکا ۹۹۹ دلار به فروش می‌رسد و حاشیه سودی برابر ۶۴ درصد دارد. این تلفن در استرالیا ۱۵۷۹ دلار به فروش می‌رسد که حاشیه سودش ۷۰ درصد می‌شود. آیفون ۸ در آمریکا ۶۹۹ دلار به فروش می‌رسد که حاشیه سودی برابر ۵۹ درصد دارد.

رویتزر، ۷ نوامبر ۲۰۱۷

### دیوان عالی فرجام‌خواهی سامسونگ را رد کرد

دیوان عالی آمریکا، فرجام‌خواهی سامسونگ در مورد رأی دادگاهی مبنی بر نسخه‌برداری غیرمجاز از ویژگی‌های آیفون اپل را رد کرد. قضات دیوان عالی، رأی دادگاه قبلی مبنی بر نقض جواز ثبت اختراع اپل توسط سامسونگ را تأیید کرد. موضوع شکایت اپل، ویژگی‌های تلفن‌های هوشمندش شامل تصحیح خودکار و حرکت کشویی برای از قفل درآوردن دستگاه بود.

در سال ۲۰۱۴، یک قاضی شرکت سامسونگ را به خاطر نقض جواز ثبت اختراع، به پرداخت ۱۲۰ میلیون دلار محکوم کرد.

این مورد، بخشی از یک سری دعوای بین این دو رقیب فناوری است که از سال ۲۰۱۱ آغاز شده است. سال گذشته، دیوان عالی درباره مشابیهت‌های ظاهری تلفن‌های هوشمند دو شرکت، به نفع سامسونگ رأی داده بود.

آسوشیتدپرس، ۶ نوامبر ۲۰۱۷

پائین‌ترین سطح استفاده رسید. در ماه اکتبر، کمتر از ۱۶ درصد کاربران ویندوز ۱۰ از این مرورگر استفاده کردند.

بر پایه تحلیل‌هایی که از سوی مؤسسه ناپلیکیشن صورت گرفته، سهم کاربران آج با ۰/۶ درصد کاهش، در پایان ماه اکتبر به ۴/۶ درصد رسیده است. نکته قابل ذکر این که با وجودی که آج، مرورگر پیش‌فرض سیستم عامل ویندوز ۱۰ است، تنها ۱۵/۷ درصد کاربران ویندوز ۱۰ از این مرورگر در ماه اکتبر استفاده کرده‌اند که این پائین‌ترین رکورد است. در ماه مارچ گذشته، ۲۲ درصد کاربران ویندوز ۱۰ از این مرورگر استفاده کرده بودند. در ابتدای عرضه ویندوز ۱۰، این میزان ۳۶ درصد بود که رفته‌رفته کاهش یافته است. اگر تمام کاربران ویندوز ۱۰ از آج استفاده می‌کردند، سهم بازار این مرورگر ۲۹/۳ درصد می‌شد. در حال حاضر به نظر نمی‌رسد که این وضعیت برگشت‌پذیر باشد.

مرورگر اینترنت اکسپلورر مایکروسافت تا حدی جبران سقوط آج را کرده و باعث شده تا سهم بازار این دو روی هم با ۰/۳ درصد افزایش به ۱۹/۷ درصد برسد. این نخستین افزایش سهم بازار مرورگرهای مایکروسافت از دسامبر ۲۰۱۴ تاکنون بوده است.

مرورگر سافاری اپل نیز با کاهش ۰/۷ درصدی روبرو بوده و سهم بازارش به ۴/۴ درصد رسیده است. سهم بازار مرورگرهای فایرفاکس موزیلا و کروم گوگل به ترتیب با ۰/۳ و ۰/۲ افزایش به ۱۳/۱ درصد و ۵۹/۸ درصد رسیده است. برای فایرفاکس، این میزان سهم بازار، بالاترین در سه سال اخیر بوده است. کروم به نزدیک شدن به ۶۰ درصد ادامه داد اما باز هم در رسیدن به آن ناکام ماند.

کامپیوتر ورلد، ۱ نوامبر ۲۰۱۷

### حاشیه سود آیفون ۱۰ بیشتر از آیفون ۸

بر پایه تحلیل‌های صورت گرفته، تلفن جدید آیفون ۱۰ اپل، نسبت به مدل آیفون ۸، پول بیشتری به ازای هر دستگاه نصیب

سنگینی در شبکه‌های با سرعت بالا کرده‌اند تا بتوانند پاسخگوی کاربرانی باشند که بیش از پیش از تلفن‌هایشان برای همه کار، از پرداخت صورت‌حساب تا تماشای فیلم و وبگردی، استفاده می‌کنند.

رویتزر، ۶ نوامبر ۲۰۱۷

### به‌کارگیری بررسی‌های زیست‌سنجی برای سیم‌کارت‌ها در تایلند

کشور تایلند بررسی‌های زیست‌سنجی (بیومتریک) را از ۱۵ دسامبر امسال در سراسر کشور برای کاربران تلفن‌های همراه جهت ثبت سیم‌کارت‌هایشان اجباری می‌کند. این کار به منظور جلوگیری از تراکنش‌های الکترونیکی جعلی صورت می‌گیرد. براساس قانون جدید، یا از کاربران اثرانگشت گرفته می‌شود و یا چهره‌شان پویش (اسکن) می‌شود.

به گفته مسئولان تنظیم مقررات (رگولاتوری)، این کار با هدف ردگیری کاربران صورت نمی‌گیرد بلکه باعث افزایش امنیت، به‌ویژه در پرداخت‌های از طریق تلفن همراه می‌گردد.

هم‌اکنون سامانه‌های زیست‌سنجی مشابهی در بنگلادش، پاکستان و عربستان سعودی مورد استفاده قرار دارد. تایلندی‌ها باید از ۱۵ دسامبر به مراکز خدمت‌رسانی تلفن‌های همراه در سراسر کشور مراجعه و برای سیم‌کارت‌های جدید ثبت نام کنند. برای ثبت‌نام سیم‌کارت جدید، اثرانگشت فرد با داده‌های ذخیره شده در کارت‌های شناسایی ملی مطابقت داده می‌شود. پس از واریس و صحت‌سنجی، مراکز خدمت‌رسانی، داده‌های کاربران را به منظور نگهداری سوابق برای اپراتورهای تلفن همراه ارسال می‌کنند.

خارجی‌هایی که در تایلند سیم‌کارت می‌خرند، چهره‌شان پویش (اسکن) می‌شود و با عکس گذرنامه‌شان مطابقت داده می‌شود.

رویتزر، ۶ نوامبر ۲۰۱۷

### مرورگرهای برتر سال ۲۰۱۷

مرورگر آج مایکروسافت در ماه گذشته به

# بهبود ژنتیکی نرم افزار در مهندسی نرم افزار مبتنی بر جست و جو

علیرضا خلیلیان، دانشجوی دکتری نرم افزار  
گروه مهندسی نرم افزار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان  
پست الکترونیکی: khalilian@eng.ui.ac.ir

## چکیده

هم اکنون وقت آن رسیده که مهندسی نرم افزار نیز به پای همتایان بالغ تر خودش در سایر زمینه های مهندسی برسد. محققان دریافته اند که مهندسی نرم افزار مبتنی بر جست و جو راهیست برای رسیدن به این هدف. شالوده این رویکرد مهندسی اینست که فنون بهینه سازی فراابتکاری مبتنی بر جست و جو پتانسیل عظیمی برای حل مسائل مهندسی نرم افزار دارند. بعد از سال ها تحقیق، فراهم آمدن مؤلفه های لازم و پی ریزی مبانی نظری و تجربی کافی، بهبود ژنتیکی به عنوان یکی از زمینه های تحقیقی مستقل در مهندسی نرم افزار مبتنی بر جست و جو\* مطرح شده است. این زمینه تحقیقی چیست و چه ظرفیتهایی دارد؟

## مقدمه

در فضای گونه های مختلف یک نرم افزار موجود بگردد. چند سال اخیر این فنون را «بهبود ژنتیکی»<sup>۲</sup> نام گذاری کرده اند. جست و جوی خودکار صورت می گیرد تا گونه ای از نرم افزار موجود را پیدا کند که بهتر باشد؛ مثلاً حین اجرا انرژی کمتری از باتری گوشی تلفن همراه مصرف کند.

بهبود ژنتیکی، نرم افزار را همچون بوم سامانه زیستی<sup>۳</sup> نگاه می کند. همان طور که موجودات در طبیعت، تکامل پیدا می کنند تا ساختار ژنتیکی آن ها با شرایط خاصی وفق پیدا کند یا بهتر شود، نرم افزار را نیز می توان با همین نگاه بهتر کرد.

بهبود ژنتیکی زیرمجموعه ایست از خانواده بزرگی از فنون موسوم به مهندسی نرم افزار مبتنی بر جست و جو که در سال ۲۰۰۱ توسط

نرم افزار از جمله آن محصولات بشری است که مرتب در حال توسعه است. توسعه به خاطر رفع خطا، افزایش قابلیت های جدید، تغییر یا حذف قابلیت های موجود یا بهینه سازی آن صورت می گیرد. منطقی است که وقتی خطایی از نرم افزار رفع می شود یا قابلیت اضافه می گردد یا نرم افزار مثلاً از جنبه مصرف انرژی بهینه سازی می شود، بگوییم نرم افزار بهبود یافته است. بهبود دادن همیشه به طور دستی توسط برنامه ساز صورت گرفته است و کار دشواری است.

اگر بخواهیم فرایند بهبود را خودکار کنیم، باید فنون مناسبی تولید کنیم که نسخه بهبود یافته را تولید کنند. یک دسته از فنون طراحی شده از الگوریتم های فراابتکاری ژنتیکی<sup>۱</sup> استفاده می کنند تا

2- Genetic Improvement (GI)

3- Biological ecosystem

\* Search-Based Software Engineering (SBSE)

1- Genetic meta-heuristic

گفته می‌شود که دامنه مسئله از مهندسی نرم‌افزار می‌آید و راه‌حل‌ها بهینه‌سازی هستند که بر اساس مفهوم خوش تعریف «برازش» به‌دست آمده‌اند. نرم‌افزار طبیعی مجازی دارد و این ویژگی آن را برای بهینه‌سازی مبتنی بر جست‌وجو مناسب می‌سازد. در این فنون میزان برازش اغلب بر حسب دست‌ساخته‌هایی محاسبه می‌شود که در فرایند مهندسی نرم‌افزار ساخته شده‌اند. خوشبختانه مهندسی نرم‌افزار هم پر است از معیارهای غنی مختلف که برای محاسبه توابع برازش بسیار مناسبند. بنابراین بر خلاف سایر رویکردهای مهندسی، در نرم‌افزار نیازی به شبیه‌سازی و مدل‌سازی نخواهیم داشت.

دو عنصر کلیدی برای استفاده از بهینه‌سازی مبتنی بر جست‌وجو در حل مسائل مهندسی نرم‌افزار یکی انتخاب نمایش مسئله و دیگری تعریف تابع برازش است. برای نمونه فرض کنید بخواهیم از الگوریتم‌های ژنتیک در حل مسئله تولید آزمایشگاه<sup>۸</sup> استفاده کنیم. الگوریتم ژنتیک همان شیوه فرایندتاری جست‌وجو است که در فضای حالت‌ها به دنبال راه‌حل بهینه پیمایش می‌کند. تولید آزمایشگاه نیز یک مسئله شناخته شده در مهندسی نرم‌افزار است. هدف اینست که آزمایشگاه‌هایی بسازیم که کد بیشتری را اجرا کنند (پوشش دهند). آزمایشگاه یک دست‌ساخته<sup>۹</sup> فرایند مهندسی نرم‌افزار است. میزان پوشش کد معیاری رایج در مهندسی نرم‌افزار است. بنابراین می‌توان تابع برازش را بر اساس میزان پوشش کد تعریف کرد تا هدایت‌گر الگوریتم ژنتیک در فرایند جست‌وجو باشد. اگر نرم‌افزار تحت آزمون نیز ورودی‌هایی عددی دریافت کند، یک نمایش مناسب برای این مسئله (یعنی آزمایشگاه مناسب)، آرایه‌ای از تعداد اعداد مورد نیاز برنامه است. مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو در حل مسائلی همچون مهندسی نیازها<sup>۱۰</sup>، طراحی ابزارها و فنون بهتر، آزمون، درستی‌آزمایی و تعمیر نرم‌افزار<sup>۱۱</sup>، واحد مندی<sup>۱۲</sup>، بازسازی کد<sup>۱۳</sup>، برنامه‌ریزی پروژه و تخمین هزینه مورد استفاده قرار گرفته است.

مهندسی نرم‌افزار در طی ده‌های گذشته به زمینه‌های مختلفی تقسیم شده است که متأسفانه از هم جدا هستند. این موضوع باعث شده انبوهی از فنون در سرتاسر مهندسی نرم‌افزار داشته باشیم که ارتباط چندانی با هم ندارند. مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو همچون کاتالیزوری باعث شده که موانع موجود بین زمینه‌های مختلف مهندسی نرم‌افزار از بین رود. در حقیقت مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو به‌خاطر ایجاد پیوند و ارتباط بین انبوه فنون گوناگون در مهندسی نرم‌افزار جذابیت فوق‌العاده پیدا کرده است. فنون مذکور شباهت‌های بسیاری از منظر بهینه‌سازی دارند و یافتن ارتباط‌هایی بین آن‌ها کمک می‌کند تا از فنون بالغ یک شاخه تحقیقی در حل مسایل دیگر شاخه تحقیقی بهره‌مند شویم.

هارمان و جونز<sup>۴</sup> معرفی شده است. این فنون از روش‌های بهینه‌سازی مبتنی بر جست‌وجو برای حل مسائل مهندسی نرم‌افزار استفاده می‌کنند.

علت مطرح شدن بهبود ژنتیکی به‌عنوان زمینه تحقیقی مستقل اینست که در سال‌های اخیر اجزای لازم برای کاربست این فنون شامل مخازن کدهای نرم‌افزار و بنیان‌های نظری و مطالعه‌های تجربی لازم فراهم آمده‌اند. این مقاله در دو بخش بعدی سعی می‌کند مفاهیم مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو و بهبود ژنتیکی را کمی تشریح کند. این بحث کمک می‌کند زمینه‌های کاربردی صنعتی و پژوهش‌های دانشگاهی بهبود ژنتیکی آشکار گردد.

### مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو

مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو روشی است که با نگاهی متفاوت به حل مسائل مهندسی نرم‌افزار می‌پردازد. این رویکرد از بهینه‌سازی استفاده می‌کند؛ یعنی در شیوه حل مسئله سعی می‌کند مقداری را بهینه نماید. جذابیت مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو به این خاطر است که حاوی خانواده‌ای از فنون خودکار و نیمه خودکار است که دخالت انسان را برای حل مسئله به‌شدت کاهش می‌دهد؛ و این فنون در مسائلی که فضای مسئله و راه‌حل‌های آن بزرگ است و اهداف رقابت‌کننده<sup>۵</sup> و گاهی متناقضی وجود دارند، اثربخشی و کارایی چشمگیری نشان داده‌اند. منظور از اهداف رقابت‌کننده این است که در حل مسئله پارامترهایی باید کمینه شوند و هم‌زمان پارامترهای دیگری باید بیشینه گردند و این پارامترها معمولاً با هم در تضاد هستند و سخت است که هم‌زمان همه را بهینه کنیم.

کلمه جست‌وجو در مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو اشاره می‌کند به بهینه‌سازی مبتنی بر جست‌وجوی فرایندتاری. در این شیوه جست‌وجو به دنبال راه‌حل‌های بهینه یا نزدیک به بهینه در فضایی از راه‌حل‌های نامزد هستیم. اغلب رسیدن به راه‌حل بهینه زمان زیادی می‌طلبد و به همین دلیل است که راه‌حل نزدیک به بهینه (یا به اندازه کافی خوب)<sup>۶</sup> برای ما کافی است.

تقریباً همیشه در فضای جست‌وجو، انبوهی از راه‌حل‌هاست و اگر روش جست‌وجو بخواهد همه را بررسی کند، در زمان معقولی به جواب نمی‌رسد. بنابراین لازم است جست‌وجو به شیوه‌ای هدایت شود و نیز راهی داشته باشد که بتواند بین راه‌حل بهتر و بدتر تمایز قائل شود. این کار از طریق روشی موسوم به تابع برازش<sup>۷</sup> صورت می‌گیرد. این تابع مطلوبیت راه‌حل را بر اساس شیوه‌ای ابتکاری و معقول اندازه می‌گیرد.

مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو عموماً به هر نوع بهینه‌سازی

8- Test case

9- Artifact

10- Requirements engineering

11- Verification and program repair

12- Modularity

13- Refactoring

4- Harman and Jones

5- Competing

6- Near optimal (good enough)

7- Fitness function

ساخت<sup>۱۶</sup> باشد، یعنی فرایند ساخت نرم‌افزار صحیح بودن آن را ضمانت کند تا در نهایت نرم‌افزاری داشته باشیم که صحیح باشد و بتوان این موضوع را به‌طور رسمی اثبات کرد.

اما در بهبود ژنتیکی ادعایی روی صحیح به ساخت وجود ندارد و فرایند کار اغلب با آزمون هدایت می‌شود. آزمون است که تعیین می‌کند رفتار نرم‌افزار درست است یا خیر. نبود رویکرد صحیح به ساخت در بهبود ژنتیکی، از تفاوت‌های بارز آن با ترکیب و تبدیل برنامه است.

آزمون هرگز نمی‌تواند عدم وجود اشکال‌ها را در کد نرم‌افزار نشان دهد، با این حال آزمون نقش اساسی حین بهبود ژنتیکی نرم‌افزار دارد. علت اینست که هنوز آزمون، روشی ساده، مقیاس‌پذیر، کاربرپذیر و اغلب کارآمد برای تعیین درستی است. با پیشرفت‌های چشمگیری که در آزمون نرم‌افزار رخ داده است می‌توان میزان وفاداری به معنا و درجه بهبود را با آزمون نرم‌افزار مورد سنجش قرار داد.

بهبود ژنتیکی یکی از شاخه‌های مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو است که روش جست‌وجو الگوریتم تکاملی و فراابتکاری ژنتیک است و هدف هم بهبود نرم‌افزار است. اما در چند سال اخیر بهبود ژنتیک به‌عنوان زمینه تحقیقی مستقل مطرح شده است. علت اینست که تقریباً همه مواد و مؤلفه‌های لازم برای توسعه این فنون آماده شده‌اند. فنون قوی برای تولید داده آزمون، وفور کدهای آماده و در دسترس و اهمیت خواص غیرعملکردی ترکیب شده‌اند تا محیط بالغ علمی و فنی را برای بهبود ژنتیکی فراهم سازند.

برای نمونه، مطالعه‌های تجربی نشان داده‌اند که کدی که به‌طور طبیعی در نرم‌افزارها دیده می‌شود، تا شش خط تکراری است و در مخازن عمومی کد وجود دارد. به‌عبارت دیگر، هر کدی که امروزه نوشته شود، تا شش خط قبلاً در کد نرم‌افزار دیگری در دنیا نوشته شده است و قطعاً تکراری است. پس اگر برنامه‌ساز بخواهد کد جدیدی بنویسد که نمونه آن در مخازن عمومی کد وجود نداشته باشد، قطعاً باید بیش از شش خط کد بنویسد. اکثر کارهایی که برای بهبود ژنتیکی کد انجام می‌شوند، کمتر از شش خط کد را تغییر می‌دهند. می‌توان نتیجه گرفت که برای بهبود ژنتیکی کدهای لازم آماده است و صرفاً باید فنون خودکاری طراحی شود که کد مناسب را در مخازن عمومی کد پیدا کند. این نوع کدها توسط سایر برنامه‌سازان در پروژه‌های دیگر نوشته شده‌اند و اغلب آزمون و اشکال‌زدایی نیز شده‌اند. استفاده از آن‌ها هم بهره‌وری را افزایش می‌دهد و هم نرم‌افزارها اطمینان‌پذیرتر می‌گردند. مخازن عمومی کد میراثی غنی هستند که فنون بهبود ژنتیکی از آن‌ها می‌تواند بهره‌برداری نماید.

آن‌چه بهبود ژنتیکی را از رویکردهای قبلی متمایز می‌سازد، عمومیت و وفق‌پذیری آن است. بهبود ژنتیکی با تکیه بر وفور کدهای منبع موجود و استفاده مجدد از آن‌ها، فضای جست‌وجوی گسترده‌تری را

نرم‌افزار نمود فیزیکی ندارد. تقریباً همه دست‌ساخته‌های نرم‌افزاری به‌خاطر طبیعتشان مبتنی بر مواد ناملموس هستند. این ناملموس بودن برای خود مهندسی نرم‌افزار مشکل‌های بسیاری پدید آورده است ولی در دامنه فنون مهندسی مبتنی بر جست‌جو مزیت مهمی است.

در چند سال اخیر از مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو در تحلیل کد منبع، عامل‌های نرم‌افزار و هوش مصنوعی توزیعی، امنیت و حفاظت، پروتکل‌ها و بهینه‌سازی خصوصیت‌های غیرعملکردی مثل مصرف انرژی استفاده شده است. تعمیر خودکار برنامه‌ها یکی از جدیدترین کاربردهایی است که محققان برنامه‌سازی ژنتیک را برای تکامل نرم‌افزار معیوب به سمت نرم‌افزار بدون نقص مورد استفاده قرار داده‌اند. وقتی نرم‌افزار معیوب را تکامل می‌دهیم تا به کد بی‌خطا برسیم یا نرم‌افزار را تکامل می‌دهیم تا به کدی برسیم که همان عملکرد را دارد ولی با سرعت بیشتر و مصرف حافظه کمتر (و در کل مصرف انرژی کمتر) اجرا شود، در حقیقت نرم‌افزار را بهبود داده‌ایم. در دهه گذشته این بهبود نرم‌افزار از مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو و اختصاصاً از الگوریتم‌های فراابتکاری ژنتیک استفاده کرده است. به‌همین دلیل شاخه علمی جدیدی موسوم به «بهبود ژنتیکی نرم‌افزار» ظاهر شده است.

### بهبود ژنتیکی نرم‌افزار

بهبود ژنتیکی شاخه‌ای علمی است که از جست‌وجوی خودکار استفاده می‌کند تا نسخه بهبودیافته‌ای از نرم‌افزار را پیدا کند. بهبود ممکن است رفع خطای نرم‌افزار باشد یا منجر به کاهش مصرف انرژی نرم‌افزار حین اجرا گردد. سال ۲۰۱۲ را می‌توان زمان ظهور ناگهانی فنون بهبود ژنتیکی دانست: فنونی برای بهبود خصوصیت‌های نرم‌افزار همچون مصرف انرژی، حافظه و زمان اجرا، تعمیر برنامه و توسعه عملکردی سیستم موجود. برخی فنون مثل تبدیل برنامه، محاسبات تقریبی و تعمیر نرم‌افزار در زمینه‌های دیگر تحقیقی نیز قرار می‌گیرند و به‌طور خالص در بهبود ژنتیکی نیستند. منشأ و ردپای پیشینه تحقیقات در بهبود ژنتیکی را می‌توان در زمینه‌هایی همچون تبدیل برنامه<sup>۱۴</sup>، ترکیب برنامه<sup>۱۵</sup>، برنامه‌سازی ژنتیک، آزمون و اعتبارسنجی نرم‌افزار و مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر جست‌وجو پیدا کرد.

تبدیل و ترکیب برنامه دو زمینه تحقیقی به‌هم مرتبط ولی مستقل هستند که هدفشان بهبود نرم‌افزار بوده است. اولی سعی می‌کند تبدیل‌هایی حافظ معنا روی کد انجام دهد تا برنامه موجود پالایش یابد و بهتر گردد. دومی سعی می‌کند کد برنامه را از نو بسازد. در هر دو دسته از فنون، هدف اینست که عملکرد آن‌ها با نگاه صحیح به

14- Program transformation

15- Program synthesis

16- Correctness-by-construction

به ترتیب اجرای موفق و ناموفق<sup>۱۷</sup> (منجر به شکست در اثر خطا) دارند.

کاهش زمان اجرا بخصوص در نرم افزار دستگاه های سیار همچون گوشی های تلفن همراه مهم است چون انرژی این دستگاه ها توسط باتری با توان محدود تأمین می گردد.

### نتیجه گیری

سیر تحقیقات به این سمت رفته است که نرم افزار را نیز همچون بوم سامانه های زیستی نگاه کنند. به این ترتیب از همان ویژگی ها و عملکردهایی که در طبیعت برای بهبود زیستی اتفاق می افتد، برای بهبود نرم افزار نیز می توان استفاده کرد. این زمینه تحقیقی نوظهور بهبود ژنتیکی نامیده شده است. محققان فراهم شدن مواد اولیه لازم و بنیان های نظری و تجربی کافی را از دلایل اصلی پدید آمدن شاخه بهبود ژنتیکی به عنوان زمینه مستقل تحقیقی می دانند. این مقاله صرفاً جهت آشنایی با مفهوم به نگارش در آمده است. دو مرجع ارائه شده بهترین منبع برای علاقه مندان به مطالعه بیشتر است.

### مراجع

- 1- Harman, M., Mansouri, S. A., & Zhang, Y. (2012). Search-based software engineering: Trends, techniques and applications. ACM Computing Surveys (CSUR), 45(1), 11.
- 2- Petke, J., Haraldsson, S., Harman, M., White, D., & Woodward, J. (2017). Genetic improvement of software: a comprehensive survey. IEEE Transactions on Evolutionary Computation.

17- Passing and failing

به دست می آورد و محدودیت هایش روی درستی برنامه کمتر می شود. حین بهبود ژنتیکی نرم افزار خصوصیت هایی تغییر می کنند تا بهبود یابند ولی خصوصیت هایی باید کاملاً حفظ شوند و بی تغییر بمانند. برای نمونه ممکن است برنامه سریعتر شود یا خطایش رفع گردد اما سایر عملکردهای درست نرم افزار باید حفظ گردد.

قدرت بهبود ژنتیکی آن چنان که ذکر شد بر مبنای به کارگیری از کدهای موجود است تا برای کارش از اول شروع نکند. همه فنون موجود در بهبود ژنتیکی از کد موجود نرم افزار شروع می کنند و کد جدیدی از نو ساخته نمی شود.

ممکن است باورش برای شما سخت باشد، ولی هدف از بهبود ژنتیکی، بهبود نرم افزار است! و بهبود گونه هایی دارد: تعمیر خطاهای نرم افزار، کاهش زمان اجرا، موازی سازی، کاهش مصرف انرژی، کاهش مصرف حافظه، ویژه سازی و افزودن قابلیت جدید از شکل های مختلف بهبود هستند. آمار مقاله های موجود نشان می دهد که تعمیر خطاهای نرم افزاری، کاهش زمان اجرا و موازی سازی به ترتیب در رتبه های اول تا سوم در جنبه های مختلف بهبود ژنتیکی قرار دارند.

تعمیر خطاهای نرم افزار از برنامه سازی ژنتیک استفاده کرده است تا گونه ای از برنامه معیوب را بیابد که خطای تحت بررسی را نداشته باشد. برای این کار از فنون مکان یابی خطا استفاده می کند تا محدوده دستورهای مشکوک را پیدا کند. سپس با عملگرهای برش و جهش ویژه سازی شده نرم افزار را تغییر می دهد و هر بار برآزش گونه تغییر یافته را محاسبه می کند. برای این منظور از تابع برآزش مبتنی بر اجرای آزمایش های مثبت و منفی استفاده می شود. آزمایش های مثبت و منفی آن هایی هستند که روی برنامه معیوب



**ماجرای پشت پرده**  
چگونه نهضت ضد فرهنگ دهه شصت  
به شکل گیری صنعت رایانه های شخصی انجامید؟  
جان مارکاف  
ترجمه:  
ابراهیم تقی زاده مشایخ

ناشر: انجمن انفورماتیک ایران  
بهار ۱۳۹۹

**برای کسب اطلاعات بیشتر و تهیه کتاب  
با شماره تلفن های زیر تماس حاصل فرمایید**

**۰۲۱-۸۸۸۶۱۴۲۱ (انجمن انفورماتیک ایران)**

**و یا برای خرید اینترنتی به وبگاه زیر مراجعه فرمایید**

**www.chara.ir**

# روشی مبتنی بر قاعده جهت بهبود کارایی سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات با استفاده از درخت تجزیه وابستگی\*

وحیده رشادت

پژوهشکده فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

پست الکترونیکی: vreshadat@mut.ac.ir

مریم حورعلی

استادیار، پژوهشکده فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

پست الکترونیکی: mhourali@mut.ac.ir

هشام فیلی

دانشیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران، ایران

پست الکترونیکی: hfaili@ut.ac.ir

## چکیده

استخراج آزاد اطلاعات بر خلاف روش‌های پیشین استخراج اطلاعات، از معماری‌هایی که نیاز به مشخص کردن روابط از قبل دارند جلوگیری می‌کنند و محدود به روابط خاصی نیستند. بنابراین قادر به استخراج روابط دلخواه به‌طور مستقیم از مجموعه داده‌های بزرگ و دامنه‌های غیرهمگن مانند وب هستند. یک چالش اصلی برای سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات این است که روابط استخراج شده نمونه‌های درستی از روابط بین موجودیت‌ها باشد. نیاز به استخراج‌گری که بتواند با اطمینان بالا به کشف اطلاعات پردازد، از جمله اهداف استخراج آزاد اطلاعات است. در این راستا، در این مقاله روشی مبتنی بر قاعده پیشنهاد شده است که با کمک ویژگی‌های جمله و درخت تجزیه وابستگی، منجر به افزایش خروجی‌های درست و کاهش خروجی‌های نادرست و در نتیجه افزایش دقت و بازخوانی می‌شود. روش پیشنهادی به خروجی چندین سامانه استخراج آزاد اطلاعات اعمال شده و دقت نتایج تحت تأثیر آن بررسی شده است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که روش پیشنهادی امیدبخش است و معیارهای کارایی خروجی‌ها با اعمال این روش بالاتر از حالت پایه است. کلمات کلیدی: پردازش زبان طبیعی، استخراج اطلاعات، استخراج آزاد اطلاعات، استخراج رابطه، درخت تجزیه وابستگی

## ۱- مقدمه

ناهمگنی و غیرساختاریافته بودن اطلاعات مواجه شده است. اطلاعات غیرساختاریافته قابل خواندن، سازماندهی و تحلیل توسط ماشین‌ها نیستند. برای این که بتوان از بین این حجم عظیم اطلاعات، انسان را در فهم و یافتن اطلاعات مورد نیاز یاری

امروزه وب جهان‌گستر به‌علت توزیع‌شدگی و هزینه پایین تولید محتوا با چالش‌های جدیدی از جمله حجم زیاد اطلاعات،

\* این مقاله در بیست و دومین کنفرانس کامپیوتر در اسفند ماه ۱۳۹۵ ارائه شده است.

اغلب سریع هستند اما به دلیل محدود بودن به تحلیل سطحی باعث کاهش معیارهای کارایی نظیر دقت و بازخوانی می‌شوند [۳][۴]. ویژگی‌های مثبت ابزارهای سطحی و ماهیت پیکره‌های بزرگ و ناهمگنی مانند وب، استفاده از آن‌ها را نسبت به ابزارهای عمیق باعث کاهش هزینه و در نتیجه مناسب ساخته است. یکی از اهداف این مقاله، توسعه روشی ترکیبی با در نظر گرفتن مشخصه‌های مثبت هر کدام از این رویکردها است. به کارگیری روش پیشنهادی در استخراج گره‌های سطحی موجب توسعه روشی ترکیبی با در نظر گرفتن مشخصه‌های مثبت هر کدام این رویکردهای سطحی و عمیق می‌شود.

با بررسی خروجی‌های نادرست استخراج گره‌ها، در این مقاله روشی پیشنهاد شده است که زیرمجموعه‌ای از روابط پیچیده‌ای<sup>۳</sup> را در نظر می‌گیرد که اغلب استخراج گره‌ها، به‌ویژه استخراج گره‌های سطحی در کشف آن‌ها ناتوان هستند. در این روش با کمک درخت تجزیه وابستگی و اعمال یکسری قوانین بر روی این درخت، روابط صحیح استخراج می‌شوند. این مقاله نوآوری‌های زیر را دارد:

- این مقاله به ارائه روشی جدید جهت بهبود خروجی سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات با استفاده از یک روش مبتنی بر قاعده و با کمک درخت تجزیه وابستگی می‌پردازد.
- انتخاب هوشمندانه زیرمجموعه‌ای از ورودی‌ها با کمک نوع خاصی از روابط پیچیده صورت می‌گیرد که حداقل نیاز به ابزار عمیق را دارد. در نتیجه به کارگیری روش پیشنهادی در ساختار استخراج گره‌های سطحی موجب می‌شود تا روشی ترکیبی به وجود آید که از مزایای هر دو روش بهره می‌برد و در مقایسه با استخراج گره‌های صرفاً عمیق، سرعت بیشتر و در نتیجه مقیاس‌پذیری بیشتری دارد.
- نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر روی خروجی سه سامانه استخراج آزاد اطلاعات نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند خروجی‌های نادرست را از خروجی سامانه‌ها کاهش داده و با تبدیل آن‌ها به استخراج‌های درست باعث بهبود معیارهای کارایی شود.

ساختار مقاله در این قالب است. در بخش دوم کارهای پیشین انجام شده، بیان شده است. در بخش سوم روش پیشنهادی به‌طور کامل شرح داده شده است. در بخش چهارم آزمایش‌های صورت گرفته بر روی خروجی سه سامانه استخراج آزاد اطلاعات نشان شده است و در بخش پایانی، نتیجه‌گیری لازم ارائه شده است.

## ۲- پیش‌زمینه و کارهای مرتبط

در این بخش توضیح مختصری از کارهای پیشین و مرتبط

کرد باید بتوان متن غیرساخت‌یافته را به اطلاعات ساخت‌یافته تبدیل کرد. در واقع نیاز به سیستمی وجود دارد که بتواند داده‌ها را به شکل ساخت‌یافته درآورد. استخراج اطلاعات شامل توسعه الگوریتم‌هایی است که به‌صورت خودکار، متن غیرساخت‌یافته را پردازش و پایگاه داده‌ای از موجودیت‌ها، روابط و وقایع را تولید می‌کنند. استخراج روابط، اصلی‌ترین بخش استخراج اطلاعات به شمار می‌رود و در این وظیفه روابط معنایی بین موجودیت‌ها در متن کشف می‌شود. نیاز به استخراج روابط نه تنها از حیاتی‌ترین موارد در فهم معنای متن برای ماشین‌هاست بلکه می‌تواند در کاربردهای زیادی مانند جستجوی وب، پرسش‌وپاسخ، داده‌کاوی، ساخت پایگاه دانش، ساخت هستان‌شناسی<sup>۱</sup> درک نیت نویسنده متن، اخبار (شیوع بیماری، حملات تروریستی و سایر اطلاعات)، پزشکی نیز به کار رود. اطلاعات غیرساخت‌یافته قابل خواندن، سازماندهی و تحلیل توسط ماشین‌ها نیستند. روش‌های سنتی برای استخراج اطلاعات فرض می‌کنند که مجموعه ثابتی از روابط موردنظر از قبل مشخص شده‌اند. از آنجایی که تعداد روابط موردنظر در وب بسیار بزرگ است این روش‌ها معمولاً قابل گسترش به مقیاس وب نیستند. یک روش جایگزین، استخراج آزاد اطلاعات است که هدفش این است که روش‌های استخراج اطلاعات را از جهت اندازه و تنوع به مقیاس وب سوق دهد [۲]. استخراج آزاد اطلاعات از استخراج اسم‌ها و افعال خاص و از پیش تعریف‌شده جلوگیری می‌کند و استخراج گره‌ها در این سیستم‌ها غیرلغوی هستند. این روش‌ها اغلب خودناظر<sup>۲</sup> هستند و با ایجاد خودکار دادگان آموزشی با استفاده از دسته‌بند و به کمک ویژگی‌های مختلف، روابط را تشخیص می‌دهند. اهداف کلیدی در استخراج آزاد اطلاعات عبارتند از: (۱) مستقل از دامنه بودن (۲) استخراج بدون ناظر (۳) مقیاس‌پذیر بودن به حجم زیادی از متون [۱-۳].

به منظور استخراج روابط دو نوع تحلیل زبان‌شناسی می‌تواند روی متن انجام گیرد: عمیق و سطحی. ابزار تحلیل زبان‌شناسی عمیق شامل تجزیه‌گر نحوی، تجزیه‌گر وابستگی، برچسب‌گذاری نقش معنایی، وضوح هم‌ارجاعی و... است. ابزارهای تحلیل عمیق خودکار برای تعداد محدودی از زبان‌ها موجود است و ممکن است نتایج ناقصی را داشته باشند. تحلیل عمیق دستی نیز کاری دشوار، زمان‌بر و پرهزینه است. روش دیگر تحلیل متن، تحلیل زبان‌شناسی سطحی است که برچسب‌گذاری اجزای کلام، تجزیه‌گر سطحی، تحلیل ریخت‌شناسی و... را شامل می‌شود. ابزارهای تحلیل سطحی برای بسیاری از زبان‌ها موجود است و به اندازه کافی قابل اعتماد است [RESHADAT, 2016 #153]{۴-۶}. ابزارهای تحلیل سطحی

1- Ontology

2- self-supervised

۳- تعریف روابط ساده و پیچیده در [۷] بررسی شده است.

TextRunner دارد.  $WOE_{POS}$  فقط محدود به ویژگی‌های سطحی مانند برچسب‌گذاری اجزای کلام بوده و همانند TextRunner سریع است.  $WOE_{Parse}$  از ویژگی‌های عمقی مانند تجزیه وابستگی استفاده می‌کند که باعث افزایش دقت و بازخوانی می‌شود.  $WOE_{Parse}$  بهترین کارایی را دارد و نشان می‌دهد که استفاده از ویژگی‌های عمیق مانند تجزیه وابستگی می‌تواند کیفیت استخراج را ارتقا دهد.

Kraken [۱۶]: باتوجه به این که روابط دودویی ممکن است شامل همه اطلاعات مورد نیاز از متن نباشد، سیستم Kraken بر این مسئله تمرکز می‌کند، تا بتواند روابط با یک، دو و تا N آرگومان را استخراج کند. شیوه کار آن به این صورت است که ابتدا تجزیه وابستگی روی جملات انجام می‌شود. سپس عبارتی که تشخیص داده می‌شود دارای یک حقیقت است پیدا می‌شود. این عبارت زنجیره‌ای از فعل، پیراینده‌ها و یا متمم‌هاست. در مرحله دوم رأس آرگومان‌ها توسط ارتباط‌های رو به جلو و رو به عقب در تجزیه‌گر وابستگی مشخص می‌شوند. در مرحله سوم توسط این پیوند آرگومان‌ها به صورت کامل به دست می‌آیند. این سیستم از قواعد مکاشفهای استفاده می‌کند تا خطر جملاتی را که به اشتباه تجزیه شده‌اند کاهش دهد. این مسئله سبب می‌شود که بازخوانی این روش پایین باشد، همچنین استفاده از تجزیه باعث شده است که سرعت آن نسبت به سیستم‌هایی که با ویژگی‌های سطح پایین‌تر به استخراج اطلاعات دودویی می‌پردازند، پایین‌تر باشد.

ZORE [۲]: سامانه استخراج آزاد رابطه چینی است که از روش مبتنی بر نحو برای استخراج رابطه و الگوهای معنایی از متون چینی استفاده می‌کند. در این سامانه روابط کاندیدا از درخت‌های تجزیه وابستگی شناسایی می‌شوند و سپس به‌طور مکرر روابط به کمک الگوهای معنایی با استفاده از یک الگوریتم انتشار استخراج می‌شوند.

OLLIE [۱۴]: به هدف بهبود سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات توسط روشی ترکیبی و بر مبنای فرایند خودراه‌انداز پیشنهاد شده است. این روش قالب‌های الگوها را به‌طور خودکار از یک مجموعه داده آموزشی یاد می‌گیرد که از روابط استخراج شده توسط ReVerb و با کمک فرایند خودراه‌انداز تهیه شده است. قالب الگوها از مسیر وابستگی که جفت موجودیت‌ها را به هم وصل می‌کند و روابط متناظر با آن به دست می‌آید. الگوها سپس روی پیکره اعمال می‌شوند و استخراج‌های جدید به وجود می‌آیند. OLLIE روابط n تایی را با ترکیب روابط دودویی تولید می‌کند. OLLIE به ترتیب ۱،۹ و ۲،۷ برابر ناحیه زیر نمودار بیشتری نسبت به ReVerb و WOE دارد. OLLIE از یک مولفه تحلیل محتوا استفاده می‌کند که با کمک یک حوزه اضافه سعی در تبدیل استخراج‌های نادرست به استخراج‌های درست دارد. این روش از نظر نحوه استفاده از

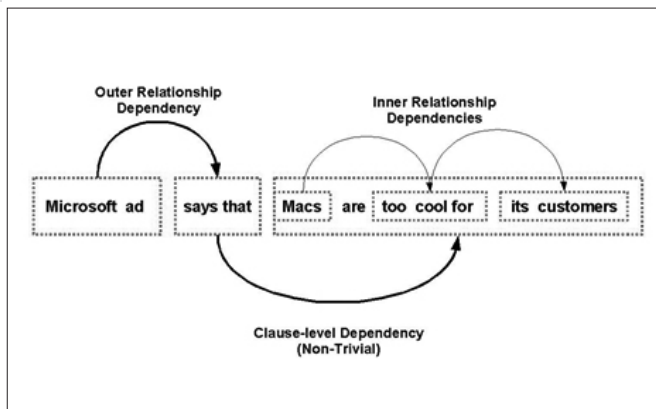
در زمینه استخراج آزاد اطلاعات و سامانه‌های به کار رفته در آزمایش‌ها ارائه خواهد شد. سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات را بر اساس ابزارهای به کار رفته در استخراج رابطه، می‌توان به دو دسته مبتنی بر تحلیل عمیق و سطحی تقسیم کرد. برخی استخراج‌گرها از ویژگی‌های سطحی مانند برچسب‌گذاری اجزاء کلام [۸-۱۲] استفاده می‌کنند که استخراج سریع، در پیکره‌های مقیاس بزرگ را ممکن می‌سازد و برخی دیگر ابزارهای عمیق مانند تجزیه‌گر وابستگی [۲، ۸، ۱۳-۱۶] را به کار می‌گیرند که به هدف بهبود در معیارهای کارایی استفاده می‌شود. در ادامه تعدادی از این استخراج‌گرها بررسی شده است.

TextRunner [۹]: از اولین سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات بوده است که می‌تواند تعداد نامحدود روابط را با یک گذر در مقیاس وب استخراج کند. این سیستم مستقل از دامنه است و یک رابطه و آرگومان‌های آن را با روش خودناظر استخراج می‌کند. در واقع این سامانه از داده‌هایی که خودش برچسب زده است، استفاده می‌کند، تا عبارت‌های رابطه‌ای را بیابد و یک مدل از نوع دسته‌بند که مشخص کننده وجود یا عدم وجود رابطه است، تولید می‌کند. در این روش، دادگان آموزشی با ویژگی‌های عمیق و دسته‌بند با ویژگی‌های سطحی ایجاد شده است.

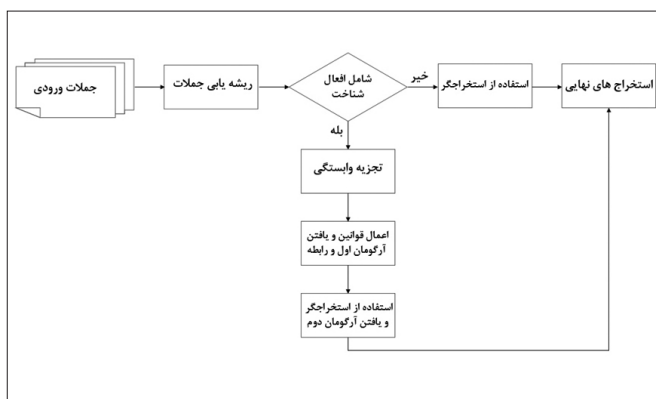
ReVerb [۱۱]: از سریع‌ترین و موفق‌ترین سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات است که سه ویژگی مهم دارد. (۱) در استخراج نام رابطه، با در نظر گرفتن کل کلمات جمله، رابطه با استفاده از قیدهای واژگانی و نحوی استخراج می‌شود. این قواعد نحوی از ویژگی‌های برچسب اجزای کلام بهره می‌گیرند. (۲) از یک واژه‌نامه روابط استفاده می‌شود، تا روابط خیلی خاص استخراج نشوند. (۳) به جای این که ابتدا آرگومان‌ها استخراج شوند، ابتدا نام رابطه استخراج می‌شود و سپس آرگومان‌های آن استخراج می‌شوند.

WOE [۸]: از روش خاصی برای آموزش استخراج‌گر که اصطلاحاً نظارت دور گفته می‌شود، استفاده می‌کند. در این سیستم از اطلاعات موجود در جعبه‌های اطلاع<sup>۴</sup> و یکی پدیا استفاده می‌شود. هر اطلاع یک رابطه دوتایی است که یکی از آرگومان‌های آن موضوع صفحه و یکی پدیا و دیگری مقادیر صفات آن است. با انطباق اطلاعات با جملات متن، جملات و رابطه استخراج شده از آن‌ها به دست می‌آید و به عنوان داده آموزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع  $WOE_{POS}$  مثال‌های آموزشی خاص رابطه را با تطبیق مقادیر صفات جعبه‌های اطلاع با جملات مربوطه تولید می‌کند و این نمونه‌ها را به دادگان آموزشی مستقل از رابطه تبدیل می‌کند تا استخراج‌گر غیرلغوی (مستقل از لغت) یادگیری شود. سیستم WOE در دو نسخه متفاوت  $WOE_{POS}$  و  $WOE_{Parse}$  با دو سطح ویژگی ارائه شده است و کارایی بهتر از

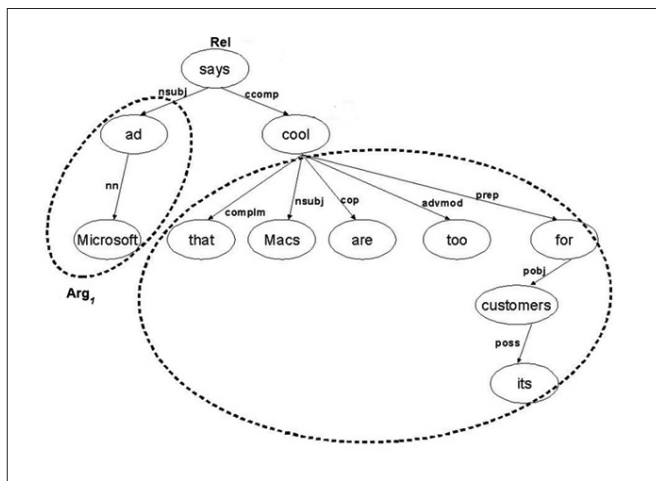
4- infobox



شکل ۱: نمونه‌ای از یک رابطه با عبارت درونی [۷]



شکل ۲: ساختار کلی روش پیشنهادی



شکل ۳: کاربرد قانون استخراج برای رابطه‌ای با عبارت درونی

با کمک وابستگی ccomp می‌توان رابطه بین فاعل اصلی جمله و مفعول ترکیبی را به‌دست آورد. در هنگام استخراج فاعل اصلی باید پیراینده‌های آن را نیز همراه با فاعل اصلی استخراج کرد که این کار با استفاده از جستجوهای وابستگی‌های پیراینده‌ای مانند (quant mod و nn) ممکن می‌شود. بنابراین ساختارهای زیر استخراج خواهند شد:

Rel: {گره با دو یال بیرون‌رونده با برچسب‌های nsbj و ccomp}

درخت تجزیه وابستگی به روش پیشنهادی ما شباهت دارد اما علاوه بر اختلاف در نوع درخت تجزیه انتخابی، استفاده از حوزه اضافه و قواعد، در مراحل استفاده از آن نیز تفاوت عمده وجود دارد. OLLIE تجزیه وابستگی را بر تمامی ورودی‌ها اعمال می‌کند در حالی که روش پیشنهادی در این مقاله، تجزیه وابستگی را روی زیرمجموعه کارآمدی از ورودی‌ها اعمال می‌کند که این امر موجب استفاده کمتر از ابزارهای عمیق و در نتیجه کاهش زمان و افزایش معیار مقیاس‌پذیری می‌شود که در پیکره‌های بزرگی مانند وب امری بسیار مهم و حیاتی به‌شمار می‌رود. آزمایش‌های انجام شده در سامانه OLLIE در این مقاله بدون در نظر گرفتن مولفه تحلیل محتوای آن انجام شده است.

### ۳- روش پیشنهادی

با بررسی خروجی‌های نادرست استخراج‌گرها، روشی پیشنهاد شده است که زیرمجموعه‌ای از روابط پیچیده‌ای را در نظر می‌گیرد که اغلب استخراج‌گرها، به‌ویژه استخراج‌گرهای سطحی از کشف آن‌ها ناتوان هستند. یکی از روابط پیچیده مربوط به حالتی است که در آن رابطه شامل عبارت داخلی است. این نوع رابطه حالتی را نشان می‌دهد که در آن فاعل اصلی به عبارت داخلی از طریق یک فعل ارجاع دارد. این عبارت داخلی اغلب به‌عنوان یک مفعول برای آن فعل در نظر گرفته می‌شود [۷]. در اغلب استخراج‌گرها به‌ویژه سطحی، روابط استخراجی به جای این‌که رابطه بین فاعل و مفعول را در نظر بگیرد به استخراج روابط فقط از قسمت مفعول محدود شده است. برخی جملات شامل افعال شناخت<sup>۵</sup> است و ممکن است منجر به چنین استخراج ناقص و نادرستی شود. برای مثال جمله زیر را در نظر می‌گیریم: Microsoft says that Macs are too cool for its customers.

خروجی سامانه ReVerb برای چنین جمله‌ای به‌صورت (Macs, are too cool for, its customers) است. در شکل (۱) رابطه درونی این جمله نشان داده شده است. در این استخراج ذکر نشده است که Microsoft چنین نظری را دارد و در نتیجه استخراج نادرست در نظر گرفته می‌شود. برای جلوگیری از چنین استخراج‌های نادرستی روش پیشنهادی از ساختار شکل (۲) تبعیت می‌کند که در آن ابتدا کلمات موجود در جملات ورودی ریشه‌یابی می‌شوند. سپس جملات از نظر وجود یا عدم وجود افعال شناخت بررسی می‌شوند. در واقع فعل موجود در جمله (برای مثال say) با لیستی از افعال شناختی و ارتباطی [۱۴، ۱۸] تطبیق داده می‌شوند که از VerbNet استخراج شده‌اند. در صورت وجود این نوع افعال، روش پیشنهادی با یافتن یال ccomp (clausal complement) و اعمال قوانین، اقدام به استخراج آرگومان اول و رابطه اصلی می‌نماید.

ترکیبی سریع و مقیاس‌پذیری دست یافت. لازم به ذکر است که استفاده از تجزیه‌گرها نسبت به ابزارهای عمیق‌تر دیگری مانند برچسب زن نقش معنایی هزینه کمتر داشته و کارآمدتر است.

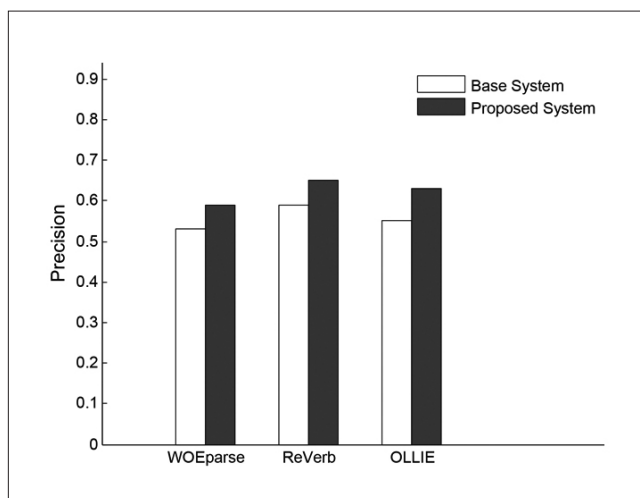
#### ۴- آزمایش‌ها و ارزیابی روش

تاثیر به‌کارگیری روش پیشنهادی در سامانه‌های ReVerb، WOEParse و OLLIE ارزیابی شده و رفتار آن‌ها بررسی و مقایسه شده است. پارامترهای مختلفی وجود دارد که می‌تواند در تشخیص دقیق روابط کمک کنند. روش پیشنهادی بر طبق ساختار شکل (۲) پیاده‌سازی شده است، ابتدا جملات با کمک ریشه‌یاب استنفورد، ریشه‌یابی می‌شوند. سپس با لیست افعال شناخت موجود در [۱۴] و [۱۸] مقایسه می‌شوند و در صورت وجود این افعال، از تجزیه‌گر وابستگی استنفورد برای تجزیه این جملات استفاده شده و وابستگی ccomp در آن‌ها جستجو می‌شود و با اعمال قوانین، خروجی‌های نهایی به‌دست می‌آید.

برای بررسی روش پیشنهادی از مجموعه داده‌ای استفاده شده است که در [۱۴] به‌کار رفته است. این مجموعه داده شامل ۳۰۰ جمله است که از سه منبع اخبار، ویکی‌پدیا و از متون زیست‌شناسی انتخاب شده است. مجموعه داده اخبار و ویکی‌پدیا در این مجموعه داده، زیرمجموعه تصادفی است که از مجموعه داده [۸] انتخاب شده است. سه سامانه OLLIE، ReVerb و WOEParse روی این مجموعه داده اجرا شده است و دو برچسبزن به‌طور دستی و مستقل هر استخراج را ارزیابی کرده‌اند و برحسب درست یا نادرست بودن خروجی‌ها برچسبی به‌صورت «درست» یا «نادرست» زدند. برچسب‌زن‌ها به توافق ۰.۹۶ دست یافته‌اند. آزمایش‌ها روی زیرمجموعه‌ای از داده‌ها انجام گرفته است که هر دو برچسبزن به توافق رسیده‌اند.

دقت به‌صورت نرخ تعداد استخراج‌های درست بازایی شده به تعداد کل استخراج‌های بازایی شده تعریف می‌شود. نتایج اولیه از تحلیل دقت در شکل (۴) گزارش شده است.

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند استخراج‌های نوفه‌دار را از خروجی نهایی کاهش داده و در نتیجه باعث بهبود دقت شود. آزمایش‌های اولیه نشان می‌دهد با اعمال این روش بر روی سامانه‌های ReVerb و WOEParse حدود ۶٪ افزایش دقت حاصل می‌شود. از آنجایی که OLLIE استخراج‌های زیادی نسبت به سایر سامانه‌های مورد بررسی انجام می‌دهد، بیشترین افزایش دقت مربوط به سامانه OLLIE است که ۸٪ افزایش داشته است در ادامه برای بررسی کارایی سیستم، مقدار امتیاز  $f$ - نیز بررسی شده است. امتیاز  $f$ - تلاشی برای یافتن مسامحه بین دقت و بازخوانی است. در شکل (۵) نتایج تحلیل مشخص شده است.



شکل ۴: مقادیر دقت حاصل در به‌کارگیری روش پیشنهادی در خروجی سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات در مقایسه با حالت پایه

گره‌ی  $\{nod1=Arg1\}$  گرهی که به گره Rel توسط یک یال با برچسب nsubj متصل است، گرهی که به گره nod1 توسط یک یال با برچسب nn یا quant متصل است} خروجی ناقص ابتدایی استخراج‌گر برای استخراج آرگومان دوم به‌کار می‌رود و در نتیجه منجر به یک استخراج تودرتو می‌شود. در شکل (۳) درخت تجزیه برای جمله شکل (۱) نشان شده است و آرگومان اول و نیز رابطه اصلی استخراج شده است.

بنابراین با اعمال این روش خروجی درست یعنی (Microsoft ad, says, (Macs, are too cool for, its customers)) استخراج می‌شود.

علاوه بر مشکلات مربوط به موجود نبودن ابزارهای عمیق برای بیشتر زبان‌ها و دقت نامناسب این ابزارها در مقایسه با ابزارهای سطحی (بر طبق [۱۷] بزرگ بودن مقیاس در استخراج رابطه آزاد استفاده از ابزارهای پیچیده پردازش زبان طبیعی مانند تجزیه‌گرهای نحوی و وابستگی را منع کرده است و این امر از مشکلات عمده در استخراج‌های عمیق است. به‌نظر می‌رسد می‌توان با حفظ قدرت روش‌های سطحی و رفع نقایص آن‌ها با استخراج‌گرها و ابزارهای عمیق و ایجاد مسامحه بین آن‌ها به روش مناسبی برای استخراج آزاد اطلاعات دست یافت که مزایای هر دو دسته را داشته باشد. از این رو یکی از اهداف این مقاله، توسعه یک روش ترکیبی با در نظر گرفتن مشخصه‌های مثبت هر یک از استخراج‌گرهای سطحی و عمیق است. به‌کارگیری روش پیشنهادی برای بهبود کارایی و رفع مشکلاتی که اغلب در سیستم‌های سطحی به‌دلیل ماهیت آن‌ها وجود دارد موجب می‌شود تا ابزارهای عمیق روی زیرمجموعه هوشمندانه و کارآمدی از ورودی‌ها اعمال شده و در نتیجه بتوان به استخراج‌گر

Qiu and Zhang. "Zore: A syntax-based system for chinese open relation extraction", In Proceedings of EMNLP, 2014.

Del Corro and Gemulla. "ClausIE: clause-based open information extraction", In Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web, pp. 355-366, 2013.

Reshadat, Hoorali and Faili. "A Hybrid Method for Open Information Extraction Based on Shallow and Deep Linguistic Analysis." Interdisciplinary Information Sciences, 22:(1): 87-100, 2016.

Ebadat, Claveau and Sébillot. "Using shallow linguistic features for relation extraction in bio-medical texts." Traitement Automatique des Langues Naturelles: 125, 2011.

Bollegala, Matsuo and Ishizuka. "Relational duality: Unsupervised extraction of semantic relations between entities on the web", In Proceedings of the 19th international conference on World wide web, pp. 151-160, 2010.

Pandit. "Ontology-guided extraction of structured information from unstructured text: Identifying and capturing complex relationships", 2010.

Wu and Weld. "Open information extraction using Wikipedia", In Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pp. 118-127, 2010.

Banko, Cafarella, Soderland, Broadhead and Etzioni. "Open information extraction for the web", In IJCAI, pp. 2670-2676, 2007.

Davidov, Rappoport and Koppel. "Fully unsupervised discovery of concept-specific relationships by web mining", In ACL, vol. 7, pp. 232-239, 2007.

Etzioni, Fader, Christensen, Soderland and Mausam. "Open Information Extraction: The Second Generation", In IJCAI, pp. 3-10, 2011.

Nebot and Berlanga. "Exploiting semantic annotations for open information extraction: an experience in the biomedical domain.", Knowledge and information Systems, 38:(2): 365-389, 2014.

Gamallo, Garcia and Fernández-Lanza. "Dependency-based open information extraction", In Proceedings of the Joint Workshop on Unsupervised and Semi-Supervised Learning in NLP, pp. 10-18, 2012.

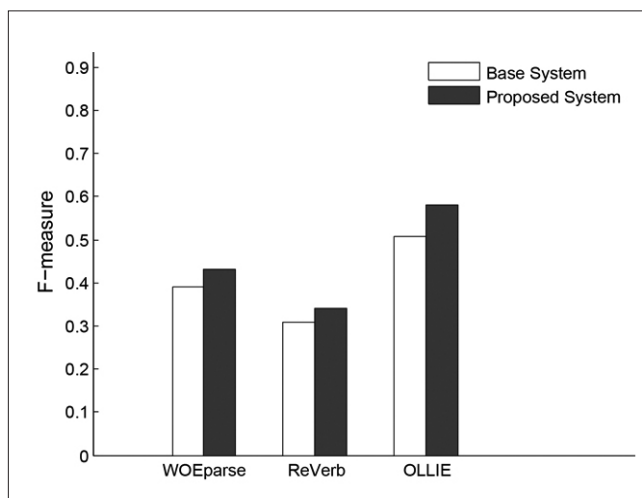
Schmitz, Bart, Soderland and Etzioni. "Open language learning for information extraction", In Proceedings of EMNLP, pp. 523-534, 2012.

Christensen, Soderland and Etzioni. "An analysis of open information extraction based on semantic role labeling", In Proceedings of the sixth international conference on Knowledge capture, pp. 113-120, 2011.

Akbik and Löser. "Kraken: N-ary facts in open information extraction", In Proceedings of the Joint Workshop on Automatic Knowledge Base Construction and Web-scale Knowledge Extraction, pp. 52-56, 2012.

Etzioni, Banko, Soderland and Weld. "Open information extraction from the web." Communications of the ACM, 51:(12): 68-74, 2008.

Schuler. VerbNet: A broad-coverage, comprehensive verb lexicon, Ph.D. Thesis, University of Pennsylvania, Pennsylvania, U.S, 2005.



شکل (۵): مقادیر امتیاز f-در به کارگیری روش پیشنهادی در خروجی سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات در مقایسه با حالت پایه

## ۵- نتیجه‌گیری

این مقاله به ارائه روشی جدید جهت بهبود خروجی سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات با به کارگیری قدرت ابزارهای عمیق روی زیرمجموعه کارآمدی از ورودی‌های استخراج‌گرها تمرکز دارد و با غنی کردن خروجی‌ها باعث افزایش معیارهای کارایی می‌شود. این روش زیرمجموعه خاصی از روابط پیچیده‌ای را در نظر می‌گیرد که اغلب استخراج‌گرها، به‌ویژه استخراج‌گرهای سطحی در کشف آن‌ها ناتوان هستند و با کمک لیست افعال شناخت، تجزیه وابستگی و با اعمال یکسری قوانین به شناسایی صحیح این نوع روابط می‌پردازد.

استخراج‌گرهای عمیق نسبت به استخراج‌گرهای سطحی برای پردازش داده‌ها از سرعت کمتری برخوردارند. این امر برای پردازش داده‌هایی در پیکره‌های بزرگ و مقیاس وب بسیار مهم و حیاتی می‌باشد و از جمله مشکلات استخراج‌گرهای عمیق است. در روش پیشنهادی، با حداقل استفاده از ابزارهای عمیق روی زیرمجموعه مناسبی از ورودی‌های استخراج‌گرهای سطحی، پردازش داده‌های زیاد در زمان کم (در مقایسه با صرف روش‌های عمیق) ممکن است و منجر به سامانه ترکیبی می‌شود که مقیاس‌پذیری را تضمین می‌کند و کارایی بالایی دارد. نتایج آزمایش‌ها بر روی هر دو نوع استخراج‌گر سطحی و عمیق نشان می‌دهد که روش پیشنهادی با بهبود خروجی سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات باعث افزایش معیارهای کارایی می‌شود.

## مراجع

رشادت وحیده، حورعلی مریم، فیلی هشام، «ارائه روشی جهت بهبود دقت سامانه‌های استخراج آزاد اطلاعات با کمک ویژگیهای رابطه در دامنه»، بیست و یکمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر، ۱۹۴-۱۸۹، تهران، اسفند ۱۳۹۴.

# دومین کنگره جهانی منابع آموزشی باز برای آموزش با کیفیت از تعهد تا عمل\*

لوبیانا - اسلوانی: ۱۸-۲۰ سپتامبر ۲۰۱۷

فریده مشایخ

پست الکترونیکی: f.mashayekh@pedagogy.ir

## ۱- مقدمه

گواهی نامه باز امکان دریافت، کاربرد، تجدید نظر، ترکیب و توزیع دوباره منابع را برای کاربران فراهم می کند. منابع آموزشی باز شامل محتوای درس، اسلاید، طرح درس، کتاب های درسی و دیگر مواد آموزشی ای که برای استفاده در تدریس و یادگیری طراحی شده است، می باشد. گواهی نامه باز: گواهی نامه ای است که برای مواد آموزشی دارای حق تألیف، اجازه کاربرد، تجدید نظر و توزیع دوباره را فراهم می سازد. بهترین نوع شناخته شده «گواهی نامه باز» گواهی نامه های «خلاقیت مشترک»<sup>۵</sup> است که سازوکارهای قانونی برای تضمین افرادی که مایل به باز تولید منابع آموزشی با حق تألیف زمان گذشته می باشند، و یا گواهی برای منابعی که با عنوان منابع آموزشی باز عرضه می شود، فراهم می سازد.

عرضه عمومی<sup>۶</sup>: به مواد آموزشی استناد می شود که برای آن ها تاریخ حق تألیف از اعتبار ساقط شده است و یا مؤلف حق تألیف را، برای استفاده عموم، واگذار نموده است.

ذینفعان منابع آموزشی باز<sup>۷</sup>: عبارتند از معلمان و استادان در تمام سطوح آموزش، مدیران، سیاست گذاران، سازمان های جامعه مدنی و افرادی که به ارتقاء دسترسی به منابع آموزشی معتبر علاقمند هستند.

دومین کنگره جهانی «منابع آموزشی باز» به مدت سه روز، ۲۷ تا ۲۹ مهرماه ۱۳۹۶، در لوبیانا، پایتخت کشور اسلوانی، با حضور جمع کثیری از مسئولان، دانشگاهیان و پژوهشگران در حوزه آموزش و کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات از پیش دبستانی تا آموزش عالی و یادگیری مداوم، تشکیل شد.

اولین کنگره جهانی منابع آموزشی باز، با هدف گسترش دسترسی به منابع آموزشی با کیفیت در سال ۲۰۱۲ در پاریس تشکیل شد. در این کنگره با صدور «بیانیه پاریس»<sup>۱</sup> از دولت ها، در مقیاس جهانی دعوت به عمل آمد تا برای مواد آموزشی ای که با هزینه عمومی<sup>۲</sup> تهیه می شود، جهت دسترسی عمومی، گواهی نامه باز<sup>۳</sup> صادر نمایند.

مطالبه منابع آموزشی باز، نخستین بار، با ابتکار عمل یونسکو و دانشگاه آتاباسکا (athabasca) در کانادا با هدف گسترش دسترسی به «آموزش باز»<sup>۴</sup> در سال ۲۰۰۲ مطرح شد.

## ۲- تعریف اصطلاحات

منابع آموزش باز: عبارت است از منابع آموزشی که به طور رایگان با

\* Commonwealth Learning, 2017. Open Educational Resource From Commitment to Action. <http://geahvecommons.ag/liceby/4/0/>

1- Unesco, 2012 Paris Declaration

2- Public funds

3- Open License

4- Open education

## ۳- اهداف کنگره

دومین کنگره منابع آموزشی باز به عنوان یک فرصت راهبردی در

5- Creative Commons Licenses (CCL)

6- Public domain

7- Stakeholders OER

- مقاومت در مقابل تغییر  
- توسعه سیاست‌های حمایتی و فضاها

## ۵- فعالیت‌های ممکن در جهت چالش‌های یاد شده:

### توانمندسازی کاربران

- آگاه‌سازی و توانمندسازی معلمان، مسئولان تربیت معلم، والدین، سیاست‌گذاران آموزشی، کتابداران و دیگر ذینفعان نسبت به ضرورت دسترسی به منابع آموزشی اثربخش، بهبود پیامدهای یادگیری و کاهش هزینه‌ها.

- عرضه دوره‌های کارآموزی نخستین و ضمن خدمت نظام‌مند و مداوم در قالب برنامه‌های تربیت معلم و تربیت کتابداران، درباره چگونگی یافتن، بهبودی بخشیدن، خلق کردن، نگهداری و سهیم شدن در منابع آموزشی باز.

- این امر شامل توانایی دریافت گواهی‌نامه باز (CC)، مقولات مرتبط با واگذاری حق تألیف، تسلط بر سواد اطلاعات رسانه‌ای و مقولات مرتبط با امنیت و ایمنی در توسعه و کاربرد محتوای منابع آموزشی باز است.

توزیع یافته‌های پژوهشی در الگوهای حمایتی و تجربیات موفق، با محوریت هزینه - اثربخشی، پایداری، اکتشاف ابزار و فناوری‌های نو، برای خلق و سهیم شدن در منابع آموزشی باز با کیفیت.

### تنوع زبان و تفاوت‌های فرهنگی

برای این‌که منابع آموزشی باز بتواند در سطح گسترده مورد استفاده قرار گیرد، سهیم شدن و کاربرد دانش از منابع گوناگون باید توسط ذینفعان حوزه آموزش مورد تأیید قرار گیرد. از این رو با حمایت و اقدام ویژه از طرف دولت‌ها، نهادهای آموزشی، معلمان، کتابداران و مؤسسات و انجمن‌های حرفه‌ای و از جمله مسئولان هماهنگی در زبان، برای تفهیم و تفاهم، بسیار حائز اهمیت است.

### تضمین دسترسی فراگیر و برابر به منابع آموزشی باز با کیفیت

دسترسی به «منابع آموزشی باز» توسط یادگیرنده در نظام آموزش رسمی و غیررسمی، بدون توجه به سن، توانمندی جسمی، موقعیت اقتصادی-اجتماعی به‌علاوه افرادی که در نقاط دور دست، مانند عشایر زندگی می‌کنند و همچنین مهاجران، لازم است در قالب یک چارچوب راهبردی برابر قرار گیرد. به‌رغم این که کاستی در زیرساخت‌هایی مانند الکتریسته و اتصال به ابزار مناسب رسانه‌ای، برای دسترسی به منابع آموزشی باز در بسیاری از کشورهای جهان، به صورت یک چالش تعیین کننده همچنان مطرح است.

### مقاومت در برابر تغییر

منابع آموزشی باز در حال تأثیرگذاری بر الگوهای سنتی با برانگیختن

حمایت از آموزش با کیفیت، دربرگیرنده، باز و مشارکتی با اهداف زیر تشکیل شد:

- آزمودن راه‌حل‌های مقابله با چالش‌های پیش روی منابع آموزش باز، در ورود به نظام‌های آموزشی، در مقیاس جهانی، به عنوان یک جریان غالب

- به نمایش گذاشتن سیاست‌ها، ابتکار عمل‌ها و تخصص‌های برتر در حوزه منابع آموزشی، در مقیاس جهانی

- تشخیص توصیه‌های مبتنی بر عمل، در جهت پیشبرد جریان غالب منابع آموزشی باز

## ۴- چالش‌ها

گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، با زیرساخت‌های پهن‌بند، امکان گسترش افق در سهیم شدن در دانش و همیاری میان ذینفعان، سازمان‌ها و کشورها را در حوزه آموزش، فراهم ساخته است. از این فرصت اگر با کارآیی و اثربخشی استفاده شود و هم‌افزایی فناوری به درستی، با علم و هنر یاددهی-یادگیری<sup>۸</sup>، در فضاهای یادگیری پی گرفته شود، منابع آموزشی باز در خدمت افزایش دسترسی به آموزش با کیفیت می‌تواند قرار گیرد. به‌علاوه، فرصت‌های خلق و سهیم شدن در پاسخگویی به نیازهای مدرسان و یادگیرندگان را افزایش می‌دهد. همچنین، دسترسی برخط به منابع آموزشی باز، مطالعات انفرادی را ارتقاء داده و می‌تواند در قالب شبکه‌های اجتماعی و یادگیری با همیاری<sup>۹</sup> به فرصت‌هایی برای نوآوری و خلاقیت در فرایند یاددهی-یادگیری و تولید دانش بینجامد.

همچنین، اهمیت سواد دیجیتالی (سواد اطلاعات رسانه‌ای<sup>۱۰</sup>)، و مقولات مرتبط با امنیت و ایمنی در توسعه و کاربرد محتوای منابع آموزشی باز، مورد توجه باید قرار گیرد.

توجه به این فرصت‌ها می‌تواند اثر مستقیم بر بهبود دسترسی به آموزش و کیفیت آن داشته باشد. از جمله پیش بایست‌های دیگر برای کیفیت آموزش، که باید مورد نظر قرار گیرد، عبارتند از: تأمین درست هزینه نهادهای آموزشی، توانمندسازی کارکنان-اعم از آموزشی و اداری، از طریق تسلط بر سواد اطلاعات رسانه‌ای و بازآموزی و کارورزی‌های با انگیزه. در حالی که آگاهی نسبت به منابع آموزشی باز در راستای مطالبه‌های کیفیت آموزش، رو به گسترش است، در مجموع ۵ چالش عمده به شرح زیر شناسایی و گزارش شده است:

- توانمندسازی کاربران دریافتن، کاربرد، خلق و سهیم شدن در منابع آموزشی باز

- تنوع زبان و تفاوت‌های فرهنگی

- تضمین دسترسی فراگیر و برابر به منابع آموزشی باز با کیفیت

8- pedagogy

9- Collaborative Learning

10- Media Information literacy

## نتیجه‌گیری

کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در زمینه‌های گوناگون، استفاده از مفهوم «باز»<sup>۱۲</sup> را مترادف با «دسترسی» فراهم کرده است. از جمله در زمینه تولید و عرضه خدمات در حوزه آموزش (آموزش باز<sup>۱۳</sup>)، سلامت (سلامت باز<sup>۱۴</sup>) و دولت (دولت باز<sup>۱۵</sup>). ولی برای پرهیز از ابزاری ساختن آموزش با تنها تأکید بر «دسترسی»، باید آگاهانه هم‌افزایی راهبردی میان فناوری اطلاعات و ارتباطات با علم و هنر یاددهی-یادگیری را مطالبه نمود و برای آن سرمایه‌گذاری کرد.

انجام این مهم، با تأکید بر ضرورت توانمندسازی کاربران از طریق تسلط بر سواد اطلاعات رسانه‌ای، به دفعات مورد تأکید شرکت‌کنندگان قرار گرفت. لازم به یادآوری است، سواد اطلاعات رسانه‌ای در سه سطح پایه، میانی و پیشرفته، اولین بار در سال ۲۰۱۳ توسط یونسکو به کشورهای عضو سازمان ارائه شد و برای پایش آن ۱۱۳ نشانگر تعیین شده است که سالانه در مقیاس جهانی مورد پایش قرار می‌گیرد. امسال هفته آخر ماه اکتبر (۲۵ اکتبر تا ۱ نوامبر ۲۰۱۷) به نام هفته سواد اطلاعات رسانه‌ای<sup>۱۶</sup> نام گذاری شده است.

12- open

13- Open education

14- Open Health

15- Open government

16- MIL week, 2017

الگوهای نو مرتبط با خلق و کاربرد منابع آموزشی است. این پدیده به پدیدآورندگان جدید امکان تهیه الگوهای نوآور و پایدار از منابع آموزشی باز را برای عرضه به دولت‌ها، نهادها، متخصصان آموزشی، کتابداران و یادگیرنده‌ها، فراهم ساخته است. ولی این نوآوری‌ها باید تضمین‌کننده دسترسی به تجربه‌های آموزشی باز با کیفیت، قانونی و اخلاقی باشد.

## توسعه سیاست‌ها و محیط‌های حمایت‌کننده

گسترش منابع آموزشی باز با کیفیت، مستلزم خلق، سازگاری، مطالبه و به‌کارگیری سیاست‌های حمایتی و اثربخش در کاربرد آن‌ها است. به‌ویژه برای تأمین هزینه‌ها لازم است از سیاست‌های حمایتی با دو رویکرد: «پائین به بالا» و «بالا به پائین» استفاده کرد. ابتکار عمل در سطح سیاست‌های دولت و نهادها، غالب شدن منابع آموزشی باز را تسهیل می‌کند. سیاست‌های دولت نسبت به منابع آموزشی باز به سیاست‌های مرتبط، در سطح نهادها، کمک می‌کند. هدف سیاست‌های منابع آموزشی باز افزایش آگاهی در جهت مزایای آن، تأمین هزینه پژوهش‌های مرتبط مبتنی بر شواهد<sup>۱۱</sup> و ایجاد انگیزه برای تجربه‌های باکیفیت در این حوزه است، به‌طوری که استفاده از منابع آموزشی باز باکیفیت به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از برنامه درسی تلقی شود و نه به‌عنوان مواد آموزشی حاشیه‌ای، در خدمت کیفیت آموزش.

11- Evidenced-based research

## منتشر شد!

### پایان کار گول‌ها

نوشته: نیکومیل

ترجمه: ابراهیم نقیب‌زاده مشایخ

قیمت: ۱۰/۰۰۰ تومان

برای تهیه کتاب با دفتر انجمن انفورماتیک ایران

تماس بگیرید ۶۶۴۱۲۸۶۱

فروش اینترنتی در فروشگاه چاره

[www.chare.ir](http://www.chare.ir)

# تحقق خواسته و اگذاری وظیفه بازبینی و تدوین برنامه‌های درسی به دانشگاه‌ها

(فرصتی حیثیت‌زا یا تهدیدی حیثیت‌کاه)

سید ابراهیم ابطاحی

استادیار دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف

پست الکترونیکی: abtahi@sharif.ir

## طرح مساله

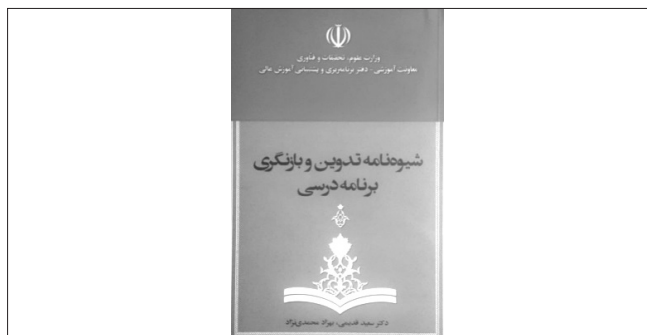
به نظر می‌رسد خواسته سالیان گروه زیادی از اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های برتر کشور در آستانه تحقق است. این خواسته، واگذاری اختیار تدوین یا بازبینی برنامه‌های درسی دانشگاهی به دانشگاه‌های برتر بوده است که این گروه به حق خود را شایسته‌تر از گروه منتصبی از خود می‌دانسته‌اند که به شکلی اداری برنامه‌هایی را تصویب و به شکل دستوری به دانشگاه‌ها ابلاغ می‌کرده‌اند. هر چند گروهی از این جمع دشواریشان، اعلام دستوری برنامه‌ها، به شکل امریه اداری، بدون توجه به امکانات و قابلیت‌های دانشگاه‌های مجری بوده است. پرسش حالا این است که با این تفویض اختیار، آیا دانشگاه‌ها از عهده این کار به خوبی بر خواهند آمد؟

## واکاوی مسئله

واقعیت این است که این کار در وزارت عتف (علوم، تحقیقات و فناوری) هم، در کمیته‌هایی متشکل از اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های کشور و عموماً از همین دانشگاه‌ها، قبلاً صورت می‌گرفت. اگر فرد مدیر کمیته انتصابی بود در عین حال حقوقی برای انتخاب یا پیشنهاد سایر اعضای کمیته داشت و در انتخاب

اعضای کمیته تخصصی عموماً به نظرات او توجه می‌شد. روالی هم که برای بازبینی و یا تدوین محتوای دروس و دوره‌های جدید، اعضای این کمیته‌ها عمل می‌کردند، به لحاظ محتوا و نتیجه، تفاوت چشمگیری با آن روشی که در همین دانشگاه‌ها، در مورد دروس و رشته‌های جدید، صورت می‌گرفت، نداشت. به این ترتیب واژه دستوری بودن از دید نقد به این روش، بیشتر اعتراضی اداری بود تا ایرادی فنی و تفاوتی شکلی بود تا تمایزی محتوایی. البته در این میان یک ایراد فنی وارد بود و آن ایراد، امریه برنامه یکسان برای همه دانشگاه‌ها بود که در این میان به امکانات و قابلیت‌های موردی برخی از دانشگاه‌ها و اعضای هیئت علمی، برای اجرای برخی دروس و دوره‌ها کم توجهی می‌شد. و این قابلیت‌ها، در تحلیل پیشینه‌گرایی گروهی، هدر می‌رفت. به عنوان گریزی به یک رفتار عرفی همه‌گیر نه چندان اخلاقی، گروهی از این منتقدان در شرایط عدم حضور در کمیته‌های منتخب وزارت عتف بر این نقد دامن می‌زدند و گرنه بارها برخی، در آن جایگاه خود، مجری همین اقدامات - به عنوان ناپسند تلقی شده - بودند و دم بر نمی‌آوردند.

نکته دیگری که در برخوردی منصفانه با روش پیشین مناسب است فراموش نشود، نقش نسبتاً مثبت این روش دستوری نامیده شده، برای سایر دانشگاه‌های غیر برتر بود که نود



بعید با آموزش متناسب با آینده دانشجو داشت. زیرا استاد در شرایط پرتغییر فناوریانه کنونی، نمی‌توانست هیچ برآوردی از آینده دانشجویان داشته باشد. روش دوم گرته برداری است که معمولاً از روی برنامه درسی یک دانشگاه یا محتوای یک کتاب معتبر درسی یا طرح درس یک مدرس نام‌آور، صورت می‌گیرد. این الگو ضمن حذف همه امکانات و نیازهای محلی، غیبت عامل اصلی این کیفیت متبلور آموزش را - یعنی نویسنده کتاب یا طرح درس یا مدرّس مجرب - نادیده می‌گیرد و ثمره‌اش محتوایی است که در اجرا به اندازه روش قبلی، می‌تواند ناموفق باشد. روش سوم که به ظاهر تازه‌تر و امروزه رایج‌تر است از لایه‌ای از یک سلیقه مورد پسند عامه‌گرا و یک فرض خلط شده بهره می‌گیرد که بر این روش، برچسب پرجاذبه و مد روز بهره‌گیری از خرد جمعی، در تدوین برنامه و عناوین و محتوای دروس، زده‌اند. تاویل این خرد جمعی به روشی که از حوزه سیاست کوچانده شده است و به ارزش رای اکثریت، تقلیل یافته، صورت می‌گیرد. بر این مبنای مثالی کمی تندرانه مستقل از ارزش معنایی دروس، که چارچوبی برای پذیرش محتوای همگن است، مطلبی با رای اکثریت شکننده از یک حوزه درسی - بی‌علت و بدون چسبندگی به محتوای درس مقصد - به سوی آن رانده می‌شود که ثمره‌اش، رویهم افتادگی غیر قابل پذیرش محتوای دروس یک دوره، در تعداد قابل ملاحظه‌ای از دروس دانشگاهی ما است.

اگر دانشگاه‌ها اکنون، همان راه گذشته را بروند، چون شباهت تام به روش وزارت عتف دارد و فقط می‌توان عبارت دستوری را از روی آن برداشت، تقبل این وظیفه در دانشگاه‌ها، ثمره حیثیتی برای آن‌ها به بار نخواهد آورد، زیرا نود درصد دانشگاه‌هایی که قبلاً، برنامه‌های دستوری وزارت علوم برای آن‌ها در عسرت یک امکان و فرصت بود پس از این، در تقابل سلیقه‌ای اعضای هیئت علمی یک دانشگاه یا دانشگاه‌های مختلف از این روزی کمینه هم، محروم می‌مانند. چرا که این اختیار جدید، ظاهراً منشأ قدرت است و دانشگاه‌های نیازمند و مقلد خواهند داشت، پس تقابلات و اصرار نامستدل و سلیقه‌ای، ضمن صرف اوقات بسیار، می‌تواند دستاوردی جز جدل، نداشته باشد.

درصد دانشگاه‌ها را تشکیل می‌دادند. این‌ها، خود به لحاظ تعداد و بضاعت علمی، پژوهشی و حرفه‌ای هیئت علمی، در حدی نبودند و نیستند که امکان اقدام به تدوین یا بازبینی برنامه‌های درسی و محتوای دروس را داشته باشند. بنابراین همین برنامه‌های دستوری نام‌گرفته، برای دانشجویان آن‌ها مائده‌هایی آسمانی بود که در غیاب آن، همین کیفیت آموزشی واجد نقد، می‌توانست بسیار نازل‌تر شود.

قبل از وارد شدن به ریز جزئیاتی که به بیان راه‌حلی - برای رفع نگرانی امکان‌ناپذیر توفیق بزرگنمایی شده در روش جدید - منجر شود، لازمست در مورد واقعیتی مهم، منصفانه و واقع‌بینانه اعلام نظر کرد. آن مسئله این است که هرم تخصصی هیئت علمی دانشگاه‌های معتبر جهان که ما گاهی خود را خوش‌بینانه با آن‌ها مقایسه می‌کنیم، ضمن در اقلیت بودن، حتی در محیط همکاران خود، از نخبگی‌ای بهره‌مند هستند که با هم‌تایان هموطن در کشور ما، فاصله قابل ملاحظه دارد، که این امر به‌راحتی حتی از مشاهده کیفیت کارهای در دست انجامشان، کاملاً عیان است. این نکته به این معنا نیست که این فاصله بین عموم اعضای هیئت علمی آن‌ها و ما وجود دارد، بلکه قله هرم، که پیش‌ران است، واجد این تفاوت سطح و فاصله روز به روز زیادشونده می‌تواند باشد. علت‌کاوی ایجاد این فاصله و گسترش روز افزون آن، فرصتی جداگانه و مفصل می‌طلبد اما یک علت آشکار و عیان، چرخه بسته انتخاب بیشتر اعضای هیئت علمی جدید دانشگاه‌ها، از دانش‌آموخته‌های داخل کشور است که در شرایط عیان تقلیل چشم‌گیر کیفیت علمی دانش‌آموختگان دوره‌های تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌های داخلی - به علت گسترش کمی بی‌رویه پذیرش دانشجو در دوره‌ای - اثرات آن از قبل هم، قابل پیش‌بینی بود. این چرخه در عموم دانشگاه‌های خارج کشور و تا مدت کمی پیش، در دانشگاه‌های داخل کشور مگر در موارد استثناء، با دلایل متقن، موجه نبود. پس باید در اندیشه حل این عسرت خودخواسته هم بود.

اما برای این‌که رفتن به حواشی مانع پرداختن به اصل مطلب نگردد، به همین اندازه بسنده می‌کنیم و باز می‌گردیم به اصل مطلب بررسی روش‌های بازبینی و تدوین برنامه‌های درسی در کشور. هر دو گروه مورد بحث ما چه دانشگاه‌ها و چه کمیته‌های وزارت عتف، از روش‌های مشابهی بهره می‌بردند و می‌برند که جای بحث و نقد گسترده دارد. روش رایج تاریخی، در انجام انفرادی این کار، تکیه بر روش انتقال دانش و مهارت در الگوی استادکاری هنوز رایج، در حوزه‌هایی مثل ساختن برخی صنایع دستی در ایران، است. در این الگو انتقال محتوا و مهارت سینه به سینه و حتماً با درجاتی از تقلیل، از استاد به دانشجو، منتقل می‌شد. پس طرح درسی نوشته می‌شد که قبلاً خوانده شده بود. ثمره، تربیت دانشجو برای گذشته استاد است که فاصله‌ای

دانشجویی در ابتدای حضور، در دانشگاه‌ها، توسط متخصصان فن به دانشجویان، آموخته شود.

• استادان جوان در قالب سواد آموزشی تعلیم و تعلم و دیگر استادان در قالب بازآموزی تشویق به حضور در کارگاه‌های فنون یاددهی شوند.

• در دانشگاه‌های مجرب، که واجد اعضای هیئت علمی کافی، در رده‌های دانشیاری و استاد تمامی باشند، هسته‌های موقت آموزش مهندسی کامپیوتر به شکل داوطلبانه تشکیل شود. به‌عنوان محمل اجرای آن در این گروه در آزمایشگاهی با عنوان پژوهش در آموزش مهندسی کامپیوتر، گرد هم آمده و با جلسات ادواری ماهانه مرتب، برنامه‌های ترویجی و نمونه‌سازی پژوهشی، در این زمینه را آغاز کنند.

• این هسته‌ها زمینه شکل‌گیری شاخه‌های دانشگاهی انجمن آموزش مهندسی ایران را با حضور خود به‌عنوان موسس، فراهم آورند.

• در داخل این آزمایشگاه‌ها، این هسته موقت در صدد راه‌اندازی اتاق سرمایه‌های فکری با اساسنامه مدون و فراهم‌سازی امکان حضور جذب شدگان باشد.

• به کمک انجمن‌های علمی پیشینه‌دار در این حوزه، از جمله انجمن انفورماتیک ایران، انجمن کامپیوتر ایران و نهادهای ملی و فراملی مرتبط نظیر انجمن ایرانی اخلاق در علوم فناوری، نظام صنفی رایانه‌ای کشور و کرسی آموزش مهندسی یونسکو، با مشاوره‌های تخصصی و تامین منابع مالی، پژوهش در آموزش مهندسی کامپیوتر برای ارائه پایان‌نامه‌های بین رشته‌ای (در حوزه پژوهش در ابعاد گوناگون آموزش مهندسی) در دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری، راه‌اندازی و تشویق و ترویج شود.

• مقدمات تعامل با انجمن‌های بین‌المللی و جهانی در این حوزه‌ها فراهم و مشارکت فعال با کنفرانس‌ها و مجلات ملی و بین‌المللی در موضوعات مرتبط، آغاز شود.

• کارگاه‌های آموزشی از دستاوردهای این پژوهش‌ها، طراحی و تدوین و به شکل ادواری و تکرار شونده، استادان جوان دانشگاه‌ها را آموزش دهد.

نباید عدم اقبال یا اقدام احتمالی از سوی هیئت علمی دانشکده‌های کامپیوتر کشور در این زمینه را به عدم تمایل یا خدای نکرده کم کاری آنان، تفسیر کرد چرا همه شاهدند که اینک، اکثریت این گروه زحمتکش، زیر بار کاری خرد کننده، فراتر از طاقت آموزشی و پژوهشی، با دستمزد میانگینی قریب به یک حقوق راننده قراردادی تپسی یا اسنپ روزگار می‌گذرانند.

روش بعدی استفاده از دستورالعمل وزارت عتف است که ضمن قدردانی از اقدام به تهیه و ارسال آن به دانشگاه‌ها، حتی از نام آن مشخص است که به‌عنوان شیوه‌نامه، فاقد چرخه فرایندی مبتنی بر روشگان یا مدل آموزشی یا اتکاء بر بن‌انگاره‌ای پداگوژیک است.

پس راه دیگری باید جست. در این مسیر تجارب موجود می‌گوید یک راه‌حل، شبیه آنچه گروه مشترک انجمن ماشین‌های رایانشی<sup>۱</sup> و انجمن مهندسين برق و الکترونیک<sup>۲</sup> در بیش از بیست سال گذشته، پیموده‌اند و دستاوردهای چشمگیری در تدوین برنامه‌های درسی رشته رایانش داشته‌اند، یک گزینه نامزد می‌تواند باشد. گزینه‌ای که به‌عنوان یک اَبَرمدل، چارچوبی پیشنهاد می‌کند از گستره‌های دانشی<sup>۳</sup> که مناسب‌ترین آن‌ها، با وزن تجربی اخذ شده از پیشینه اجرایی، در درون دروس معتبر برچسب‌دار، درج می‌شود و گونه‌های مختلف برنامه درسی، با طعم<sup>۴</sup>‌های گوناگون، متشکل از محتوای ساختیافته دروس را، در قالب برنامه‌های متفاوت یا گرایش‌های گوناگون، به‌دست می‌دهد. نحوه حصول این روش، آشکار می‌کند که این اقدام، نیازمند پژوهش است و تدوین و بازبینی دروس و برنامه دروس در دوره‌های آموزش علوم و مهندسی رایانش نیاز به شکل‌گیری، استمرار و تحقق هسته‌های پژوهش در آموزش مهندسی رایانه در دانشکده‌های مهندسی کامپیوتر کشور دارد. پیوند این هسته‌ها از بیرون با شاخه‌های دانشگاهی انجمن آموزش مهندسی ایران و کرسی آموزش مهندسی یونسکو، می‌تواند باشد و انسجام درون سازمانی آن، در پیوند با اتاق‌های سرمایه فکری این دانشکده‌ها متشکل از استادان مجرب بازنشسته یا در آستانه بازنشستگی این دانشکده‌ها، می‌تواند صورت پذیرد (برای اطلاع بیشتر از محتوای این پیشنهاد، دیدگاه‌های نگارنده منتشره در شماره ۲۳۰ ماهنامه گزارش کامپیوتر مورخ دی ماه ۱۳۹۵ با عنوان «ضرورت‌های شکل‌گیری اتاق‌های سرمایه فکری از وجه غالب پایداری با کارکرد شالوده‌ای، برای برپائی هسته‌های پژوهش در آموزش مهندسی» را می‌توانید بازخوانی کنید).

## جمع بندی

برای استفاده از فرصت خودطلب کرده‌ احاله تدوین و بازبینی برنامه‌های درسی از سوی وزارت عتف به دانشگاه‌های معتبر کشور، توصیه می‌شود:

• آموزش فنون یادگیری به‌عنوان بخشی از مهارت‌های

1- ACM

2- IEEE

3- BOK : Body Of Knowledge

4- Flavor

## پیدایش مهندسی نرم‌افزار

### پتر نور و مقاله ۱۹۳۶ تورینگ

(قسمت نهم)

نوشته ادگار دی لایت  
ترجمه: ابراهیم نقیب‌زاده مشایخ  
پست الکترونیکی: mashayekh@isi.org.ir

#### پیش‌گفتار مترجم

که موضوع رساله دکتریش، جنبه‌های تاریخی علوم کامپیوتر بوده، استخدام کرده باشد. همچنین کسی را در آمریکا نمی‌شناسم که به خاطر کارهایش در زمینه تاریخ علوم کامپیوتر در یک دانشکده علوم کامپیوتر تشویق شده یا ارتقاء یافته باشد.

مقاله ۵ صفحه‌ای توماس هی بسیار خواندنی است و علاقه‌مندان به این موضوع را به خواندن متن کامل آن توصیه می‌کنم. او دارای درجه کارشناسی علوم کامپیوتر از دانشگاه منچستر (۱۹۹۵) و دکتری تاریخ و جامعه‌شناسی علم از دانشگاه پنسیلوانیا (۲۰۰۳) است. اما غرض از آوردن این مقدمه این بود که در مقاله مزبور به چند کار ارزشمند نیز که در این زمینه انجام شده اشاره گشته که از آن جمله، کتاب «پیدایش مهندسی نرم‌افزار: از تورینگ تا دایکسترا» نوشته ادگار دی لایت است. عنوان این کتاب برای من که نزدیک ۳۰ سال است درس مهندسی نرم‌افزار را در دانشگاه تدریس می‌کنم، جالب بود. جستجویی در اینترنت کردم و دیدم که افراد سرشناسی چون گریدی بوچ و جان رینولدز نقدهای بسیار خوبی درباره این کتاب نوشته‌اند. نویسنده کتاب، ادگار دی لایت نیز خود دارای درجه کارشناسی ارشد منطق از دانشگاه آستردام (۲۰۰۹) و دکتری مهندسی نرم‌افزار از دانشگاه لوون بلژیک (۲۰۰۶) و در حال حاضر پژوهشگر تاریخ رایانش در دوره پسادکتری در دانشگاه فناوری آینده‌هون هلند است. کتاب

در مجله CACM مربوط به ژانویه ۲۰۱۵، مقاله‌ای توجهم را جلب کرد با عنوان «اشک‌های دونالد کنوت». این مقاله که توسط توماس هی نوشته شده بود، درواقع انتقادی بود به مطالبی که کنوت در سخنرانی خود در دانشگاه استنفورد بیان کرده بود. در آن سخنرانی، کنوت به شدت به مقاله مارتین کمپیل - کلی با عنوان «تاریخ تاریخ نرم‌افزار» تاخته بود و از این که او در مقاله‌اش سطح تاریخ رایانش و علوم کامپیوتر را این قدر پایین آورده به شدت انتقاد کرده بود. کنوت در پایان سخنرانیش گفته بود که آنقدر از خواندن آن مقاله ناراحت و غمگین شده بود که شیشه‌های عینکش از اشک‌های چشمش لک شده بود و او به سختی توانسته خواندن مقاله را به پایان برد.

توماس هی در مقاله‌اش ضمن تمجید از کنوت و دستاوردهای بی‌مانندش در حوزه رایانش، از این که کتاب‌های کمی درباره تاریخ علوم کامپیوتر نوشته شده با او همداستانی کرده اما این کوتاهی را بیشتر متوجه خود دانشمندان این رشته دانسته است. او گفته: «امروز شما می‌توانید در دانشکده‌های ریاضی و پزشکی، حقوق و چند رشته دیگر مدرک دکتری بگیرید و موضوع رساله‌تان، تاریخچه آن رشته باشد. اما چنین امکانی در دانشکده‌های علوم کامپیوتر وجود ندارد. من دانشکده علوم کامپیوتری را در آمریکا نمی‌شناسم که کسی را

سال ۱۹۹۹، در دانشگاه کپنهاگ، استاد مرکز داده‌شناسی<sup>۴</sup> بود. نور از اواسط دهه ۱۹۹۰ تاکنون به‌طور فعالانه‌ای به مطالعه و تألیف در زمینه روان‌شناسی و به ویژه درباره چگونگی زندگی انسان در سطح عصبی<sup>۵</sup> سیستم اعصاب پرداخته است. او تاکنون چندین جایزه دریافت کرده که از آن میان می‌توان به «جایزه پیش‌تاز رایانه» جامعه رایانه انجمن مهندسان برق و الکترونیک<sup>۶</sup> در سال ۱۹۸۶ و جایزه تورینگ در سال ۲۰۰۵ اشاره کرد.

## سال‌های نخست

دی لایت: پیترو نور، شما در سال ۱۹۲۸ در فردریکسبرگ دانمارک به دنیا آمدید.

نور: بله، فردریکسبرگ در واقع بخشی از کپنهاگ است. خیلی از اینجا دور نیست.

دی لایت: آیا خواهر و برادری دارید؟

نور: یک خواهر و یک برادر دارم که به ترتیب ۵ سال و ۲ سال از من بزرگ‌ترند.

دی لایت: در هنگام کودکی از بازی فوتبال لذت می‌بردید؟

نور: نه. من بازی می‌کنم را دوست داشتم (در بازی می‌کنم، شبیه لگو، از قطعات مختلف برای ساخت مدل‌های کاربردی و دستگاه‌های مکانیکی استفاده می‌شود. مترجم) تا آن که شیفته اخترشناسی شدم. آن‌ها دو سرگرمی کاملاً متفاوت بودند. این تغییر علاقه‌مندی هنگامی روی داد که مدرسه‌ام را عوض کردم. ۱۱ یا ۱۲ ساله بودم. معلم جغرافی به ما پیشنهاد کرد به آسمان نگاه کنیم و به ویژه دُب اکبر را ببینیم. من این کار را کردم و چند نقاشی از آن کشیدم زیرا برایم بسیار جالب بود. بعداً معلوم شد که من تنها دانش‌آموز کلاس بودم که کار قابل حسی انجام داده بود. این آتش اخترشناسی را در وجودم شعله‌ور ساخت. سال‌های زیادی پس از آن، به شدت مشتاق درک اخترشناسی بودم.

پس از چند سال، به محاسبه مدارهای ستاره‌های دنباله‌دار و سیاره‌های تازه کشف شده، علاقه‌مند شدم. این فعالیت به خوبی از سوی رصدخانه کپنهاگ پشتیبانی می‌شد. من کمک‌های زیادی از افراد آنجا دریافت کردم. یکی از کارمندان آنجا به نام پِنس مولر، به من در انجام این محاسبات کمک می‌کرد. به من اجازه دسترسی به ماشین حساب‌های دستی آنجا را داده بودند. ظرف چند سال، همه این امور را درک کردم و کارهای مفیدی در اخترشناسی انجام دادم که بخشی از آن‌ها منتشر شدند. پدر و مادرم نیز خیلی مرا حمایت و تشویق می‌کردند. شروع کار بدین‌گونه بود.

دی لایت: در خلال جنگ جهانی دوم، شما زبان انگلیسی را از روی کتاب‌های درسی که توسط زبان‌شناس دانمارکی، اوتو یسپرسن،

را توسط دوستی در کانادا از کتاب‌فروشی آمازون خریداری کردم و ظرف یکی دو هفته توسط مسافری به دستم رسید. خودم از خواندن آن لذت بردم و آن را به دو تن از همکارانم در دانشکده علوم کامپیوتر دانشگاه تهران نیز نشان دادم و آن‌ها هم مطالب مطرح شده در کتاب را برای پژوهشگران و متخصصان علوم کامپیوتر و به ویژه دانشجویان این رشته بسیار مفید دانستند. از این رو به ترجمه کتاب اقدام کردم که به صورت یک سلسله مقاله دنباله‌دار در این نشریه به نظر تان خواهد رسید.

\* \* \*

برای پی بردن به تاریخچه زبان‌های برنامه‌نویسی، گفتگوی مفصلی را با پیترو نور<sup>۱</sup>، برنده جایزه تورینگ در سال ۲۰۰۵، ترتیب دادم. نور پیش از آن که طراح موفق زبان برنامه‌نویسی و مخالف روش‌های صوری گردد، اخترشناس معروف و شناخته شده‌ای بود. گفتگوی من با او ظرف سه روز انجام گرفت. بخش مربوط به الگول<sup>۲</sup> و تورینگ در این فصل آمده است. علاقه‌مندان برای آگاهی از متن کامل مصاحبه و به‌ویژه اظهارات انتقادی نور درباره دایکسترا می‌توانند به کتاب دیگرم با عنوان «چندگانگی»<sup>۳</sup> در مهندسی نرم‌افزار: پیترو نور برنده جایزه تورینگ توضیح می‌دهد» مراجعه کنند.

## ملاقات با پیترو نور

گفتگوی من با پیترو نور در تاریخ‌های ۵ اپریل، ۱۴ می و ۱۷ می ۲۰۱۱ در خانه‌اش در گنتوفت دانمارک صورت گرفت. گفتگوهای ضبط شده ما توسط من بر روی کاغذ آورده شد و سپس توسط نور، دی‌گریو<sup>۳</sup> و خود من ویرایش گردید.

## زندگی نامه مختصر پیترو نور

پیترو نور در سال ۱۹۲۸ در شهر فردریکسبرگ دانمارک به دنیا آمد. او در سال ۱۹۴۹ از دانشگاه کپنهاگ در رشته اخترشناسی (نجوم) فارغ‌التحصیل شد و در سال‌های ۵۱-۱۹۵۰ در کالج کینگ در کمبریج دانشجوی پژوهشی بود و در همانجا بود که برای حل یک مسئله اخترشناسی، بر روی رایانه ادساک (EDSAC) برنامه‌نویسی کرد. پس از یک سال اقامت در آمریکا و بازگشت کوتاهی به کمبریج، نور بقیه دهه ۱۹۵۰ را در کپنهاگ گذراند. در سال ۱۹۵۷ مدرک دکتری در اخترشناسی را دریافت کرد و در سال ۱۹۵۹ به گروهی که در زبان‌های برنامه‌نویسی سطح بالا تخصص داشتند پیوست. او سخت درگیر طراحی و پیاده‌سازی الگول<sup>۲</sup> شد و مجله الگول را سازمان‌دهی کرد. او از سال ۱۹۶۹ تا زمان بازنشستگی‌اش در

4- Institute of Datalogy

5- neural level

6- IEEE Computer Society

1- Peter Naur

2- pluralism

3- De Grave

## کمبریج: ۵۱-۱۹۵۰

دی لایت: شما بین اکتبر ۱۹۵۰ و جون ۱۹۵۱ به کالج کینگ در کمبریج رفتید.

نور: بعد از آن بود که من مدرکم را در کپنهاگ گرفتم.

دی لایت: می‌شود لطفاً کمی دربارهٔ نوع کاری که در کمبریج کردید، در مقایسه با کارتان در کپنهاگ، توضیح دهید؟ شما در هر دو جا در زمینهٔ اخترشناسی کار کردید. درست است؟

نور: در سال ۱۹۵۰، همه می‌دانستند که کمبریج دارای رایانهٔ ادساک می‌باشد. این مسئله به دو دلیل مورد توجه من بود. من هم در زمینهٔ اخترشناسی مشغول کار بودم و هم رایانش خودکار<sup>۷</sup>. آن‌ها روشی را برای نورسنجی<sup>۸</sup> با ابزارهای الکترونیکی به وجود آورده بودند. اما به دلیل آن که هوا در کمبریج خیلی بد بود راه‌اندازی نشده بود. به این جهت، در یک مقطع من کاملاً به برنامه‌نویسی و محاسبات روی آوردم. من برای این نوع کارها، به دلیل کارهای محاسباتی که پیش از آن در رصدخانهٔ کپنهاگ انجام داده بودم، به خوبی آمادگی داشتم. من بلد بودم که به‌صورت دستی، محاسباتی مانند انتگرال‌گیری معادلات دیفرانسیل حرکت‌های یک سیارهٔ کوچک را انجام دهم. من صدها ساعت این کار را در کپنهاگ کرده بودم. بنابراین، کاملاً آمادگی داشتم که این محاسبات را بر روی ادساک انجام دهم.

دی لایت: آیا دفتر یادداشت‌های روزانه هم داشتید؟ آیا نحوهٔ پیشرفتتان در پژوهش‌های اخترشناسی را در جایی ثبت کرده‌اید؟ نور: خوب، من یادداشت‌های مختصری دارم. یاد نمی‌آید که از کی چنین کاری را آغاز کردم. اما سال‌هاست که این کار را کرده‌ام. برای هر سال، یک صفحه نوشته‌ام. (نور یادداشت‌هایش را نشان می‌دهد) در اینجا من محاسباتی را بر روی یک ستارهٔ دنباله‌دار آغاز کردم و در اینجا بحثی دربارهٔ یک موضوع خاص داشتم و همانند این‌ها.

دی لایت: در سنین بالاتر، هنگامی که بر روی پایان‌نامهٔ دکتری خود کار می‌کردید، آیا ایده‌های خود را به‌طور تفصیلی و به شکل یادداشت‌های روزانه بر روی کاغذ آورده‌اید؟

نور: نه، به این شکل که می‌گویید، نه. یاد می‌آید در خلال سفرم به آمریکا که در سال‌های ۵۳-۱۹۵۲ بود، هنگامی که از مراکز رایانشی در اینجا و آنجا بازدید می‌کردم، شروع به یادداشت کردن یافته‌هایم کردم و گزارشی دربارهٔ رایانه‌ها در آمریکا، آن‌گونه که دریافت می‌کردم، نوشتم. آن گزارش به زبان دانمارکی بود و به‌طور دقیق و روشن، تجربیاتم را بیان می‌کرد. مهم‌ترین بخش آن، درس‌هایی بود که از کمبریج آموخته بودم، چگونه آن‌ها برنامه‌نویسی‌هایشان را سازمان‌دهی می‌کردند، ترتیبات اولیهٔ ویلر. کار او در زمینهٔ تبدیل فرم خارجی به فرم داخلی خیلی انعطاف‌پذیر و رویکرد واقعاً ساده‌ای بود. من بلافاصله آن را بازآرایی کردم تا مناسب ماشین DASK که در کپنهاگ در حال ساخته شدن بود و فکر می‌کنم حوالی سال ۱۹۵۷ آماده شد، گردد.

نوشته شده بودند فرا گرفتید. آیا در آن زمان، در بارهٔ پژوهش‌های سپرسن در حوزهٔ زبان‌شناسی نیز کنجکاو شده بودید؟ نور: نه، نه. در آن زمان من خیلی به فیزیک مدرن و کارهای انشتین و بوهر علاقه‌مند شده بودم. من این علاقه‌مندی را از مطالعه کتاب‌های جیمز جینز دربارهٔ اخترشناسی و کتاب‌های ادینگتون و نظایر این‌ها، به دست آورده بودم.

دی لایت: آیا علاقه‌مندی شما به فیزیک بدین خاطر بود که می‌خواستید در اخترشناسی تخصص پیدا کنید یا آن که مطالعهٔ این کتاب‌ها برای به دست آوردن یک درک عمومی و کلی بود؟ نور: گفتنش سخت است. اما چیزی که قطعاً می‌توانم بگویم این است که سخت مشتاق اخترشناسی بودم. البته همهٔ این مباحث فیزیکی هم ارتباط زیادی با اخترشناسی داشت. این زمانی بود که کشف شده بود چگونه انرژی خورشید توسط فرایندهای اتمی انتشار می‌یابد. این نظریهٔ اتمی بود. در نتیجه، همه چیز دست به دست هم داده بود. در سال‌های بعد، من بر روی ساخت درونی ستاره‌ها کار کردم. هنگامی که به آمریکا رفتم، مدل‌های خورشید را محاسبه کردم که در آن زمان، ۵۳-۱۹۵۲، چاپ شد.

دی لایت: آیا در خلال دوران مدرسه با کارهای برخی فیلسوفان مانند هیوم، لاک یا کانت هم آشنایی پیدا کردید؟ علت این که این سؤال را می‌پرسم این است که در صحبت‌های خصوصی به من گفتید که کتاب تاریخ فلسفهٔ هرالدهافدینگ را که در سال ۱۸۹۴ نوشته شده خوانده‌اید.

نور: ببینید، من همیشه می‌خواستم که از همه چیز سر در بیاورم و همه چیز را درک کنم. من هیچ جایی را بیشتر از کتابخانهٔ عمومی شهر دوست نداشتم. من کتاب‌ها را ورق می‌زدم و مثلاً از خودم می‌پرسیدم روان‌شناسی دربارهٔ چیست؟

دی لایت: پس فقط اخترشناسی نبود؟ نور: نه، ابداً. اما در اخترشناسی پیشتر رفتم زیرا در آن تخصص داشتم. دی لایت: آیا این برای شما سخت نبود؟ از یک سو، انجام این کار برای یک بچه باید سرگرم کننده بوده باشد. شما زمان زیادی برای مطالعهٔ این کتاب‌ها در اختیار داشتید. اما از سوی دیگر، احتمالاً کودکان دیگری دور شما را فراگرفته بودند که آن‌ها علاقه‌مندی‌های دیگری داشتند. آیا مشکلی حس نمی‌کردید؟

نور: نه، مشکلی نبود. البته من به روشنی حس می‌کردم که در تکاپوی درک علم، تا حدی استثنایی بودم. کارهای مدرسه، از جمله درس انگلیسی و آلمانی، بسیار راحت بودند. من شروع به خواندن اخترشناسی به زبان آلمانی کردم. کتاب محاسبهٔ مدارها به زبان آلمانی بود. بنابراین، پیش از آن که شروع به خواندن انگلیسی کنم، آلمانی را تا حدی یاد گرفته بودم.

دی لایت: شما هیچگاه از کار کردن بر روی مسائل علمی در دوران نوجوانی سرخورده نشدید؟ نور: نه، نه. من کاملاً حس خوبی داشتم.

7- automatic computing

8- photometry

نشده بود. من کاملاً در این باره اطمینان دارم. سبک آمریکائی تا حد زیادی مدیون آتاناسوف هم بود. این در مقاله معروف زَندل به نام «خاستگاه رایانه‌های رقمی» توضیح داده شده است. آتاناسوف چیزهای زیادی را ابداع کرده است. رایانه او، خودکار، دودویی<sup>۱۰</sup>، الکترونیکی اما بدون قابلیت برنامه‌نویسی بود. البته ماشین عمومی تورینگ یک رایانه برنامه‌پذیر بود. این که فون نویمان واقعاً چقدر وارد این قضیه شده بود را نمی‌دانم.

دی لایت: آیا در کمبریج هم‌اتاقی داشتید؟ آیا با دانشجویان دیگر زیاد ارتباط داشتید؟

نور: من رابطه بسیار خوبی با پیتر رمنانت داشتم. او کانادایی و دانشجوی پژوهشی فلسفه بود و بعداً استاد فلسفه در ونکوور شد. من در یک خوابگاه دانشجویی، در آن سوی خیابان کالج کینگ اقامت داشتم. ما حدود ۲۰ تا ۳۰ نفر بودیم و فقط یک آشپزخانه داشتیم. و این جایی بود که من با پیتر رمنانت و یک فیزیکدان به نام اولیور پن‌رُز که الان در ادینبرو استاد است، آشنا شدم.

دی لایت: این همان پن‌رُز معروف است؟

نور: او برادر راجر پن‌رُز بود. اولیور فیزیکدان بود و ما با هم خیلی روابط دوستانه‌ای داشتیم. من پس از آن سال که در کمبریج بودم، بارها او را دیده‌ام. این روزها هم هنوز با او ارتباط دارم و درباره موضوعات مورد علاقه‌مان با هم صحبت می‌کنیم.

دی لایت: در مورد پیتر رمنانت. شما در ملاقات خصوصی به من گفتید که با او به‌طور مرتب درباره موضوعات مختلف، از جمله کارهای رایل، ویتگنشتاین، راسل، پیرس و کواین صحبت می‌کردید. می‌توانید لطفاً در این باره توضیح دهید؟

نور: ما یک اجتماع دو نفره برای بحث در مورد پرسش‌های بی‌معنی داشتیم! این ایده رمنانت بود که از کانت الهام گرفته بود. کانت در جایی نوشته بود کسی که یک پرسش بی‌معنی می‌پرسد و فرد دیگری که سعی می‌کند به آن پاسخ دهد، همانند این است که کسی شیر بز را بدوشد و کس دیگری برای جمع کردن شیر، زیر آن آبکش بگیرد. رمنانت یک فیلسوف واقعی بود. او پنج سال از من بزرگ‌تر بود.

دی لایت: آیا آثار ویتگنشتاین را در کمبریج خواندید؟

نور: نه، در آن زمان من زیاد با ویتگنشتاین آشنا نبودم.

دی لایت: رایل چطور؟

نور: او کسی بود که پیتر رمنانت از او به‌عنوان یک فیلسوف انگلیسی برجسته و امروزی یاد می‌کرد. من کتاب «مفهوم ذهن» رایل را سال‌ها بعد خواندم. کتاب بسیار جالبی است. البته بسیاری از افراد درک آن را بسیار سخت یافته‌اند. رایل از ایده «روح در بدن» دکارت، یا آنچه او روح در ماشین نامیده، انتقاد کرده است. من چند دهه بعد متوجه شدم که او ۶۰ سال در بیان این مطلب عقب بوده است زیرا ویلیام جیمز در سال ۱۸۹۰، به روشنی همین نکته را بیان کرده بود. رایل اصلاً به کار جیمز علاقه نداشت. عنوان کتابش نیز گمراه کننده بود.

ماشین DASK از لحاظ طراحی و الکترونیکی، الهام گرفته از ماشین استکهلم به نام BESK بود که دستگاه الکترونیکی فوق‌العاده‌ای بود: بسیار سریع با طراحی خیلی خوب. اما سبک برنامه‌نویسی در ماشین BESK خیلی ابتدایی و ناخوشایند بود. بنابراین، من این فرصت را پیدا کردم که در ساخت سیستم بهتری برای زبان ماشین DASK مشارکت کنم. این کار مستقیماً به کار بعدی پژوهشی ما بر روی برنامه مترجم (کامپایلر) الگول انجامید.

دی لایت: شما به ویلر اشاره کردید. اما هارتی، ویلکس و گیل هم در کمبریج بودند. شما این افراد را چگونه توصیف می‌کنید؟ آیا بعضی از آن‌ها بر روی شما تأثیر گذاشتند؟ آیا بعضی از آن‌ها را بهتر از بعضی دیگر می‌شناختید؟

نور: من فقط بخت این را یافته بودم که در کمبریج با ماشین ادساک کار کنم و هیچیک از این افرادی که نام بردید را به‌طور شخصی نمی‌شناختم. من فقط یک میز داشتم و کتاب «گزارشی درباره آماده‌سازی برنامه‌ها برای ادساک و استفاده از کتابخانه زیرروال‌ها». همین و همین. آن کتاب شامل کتابخانه‌ای از زیرروال‌ها برای ادساک بود که چند سال پیش از آن در آمریکا منتشر شده بود. منبعی بود که من می‌توانستم بلافاصله از آن برای شروع برنامه‌نویسی برای مسئله اخترشناسی‌ام استفاده کنم.

دی لایت: این تنها منبع شما بود؟ در خلال دهه ۱۹۴۰ شما بر روی محاسبات دستی کار کرده بودید و می‌دانستید که ریاضیات عددی را چگونه انجام دهید.

نور: من کاملاً با شیوه محاسبات آشنا بودم: تولید گام به گام اعداد بر حسب یک الگوریتم خاص. این کار را تماماً به‌صورت دستی انجام می‌دادم. و فقط کافی بود که آن را بر روی ماشین ادساک قرار دهم. پیش‌زمینه اخترشناسی من برای این کار ضرورت داشت.

دی لایت: آیا بعضی از این افراد در کمبریج با شما درباره آلن تورینگ صحبت کردند؟ آیا تورینگ را ملاقات کردید؟

نور: من هرگز تورینگ را ملاقات نکردم. من احساس می‌کنم که نوعی دشمنی و ضدیت بین گروه کمبریج و گروه تورینگ در آزمایشگاه ملی فیزیک وجود داشت. چرا این چنین بود را هرگز نتوانسته‌ام درک کنم. حس می‌کنم آن‌ها از هم خوششان نمی‌آمد. مطمئن نیستم که ویلکس با تورینگ دوست بوده و او را خوب می‌شناخته است یا نه.

دی لایت: آیا هنگامی که شما در کمبریج بودید، آن‌ها به شما خواندن مقاله ۱۹۳۶ تورینگ را توصیه نکردند؟

نور: نه، نه. من به هیچوجه در آن زمان ارتباطی بین کار تورینگ و ماشین ادساک حس نمی‌کردم. الان هم مطمئن نیستم هیچ رابطه‌ای وجود داشت زیرا فکر می‌کنم آنچه راهنمای ویلکس بود، کارهای آمریکایی‌هایی نظیر فون نویمان، ماکلسی و دیگران بود. مطمئنم که ویلکس در دوره‌های آموزشی یونیواک (UNIVAC) آن‌ها در فیلادلفیا شرکت کرده بود. کارهای او مستقیماً از کارهای تورینگ اقتباس

معلوم نبود دربارهٔ روان‌شناسی است یا رفتارگرایی. بنابراین، عنوان کتاب او از نظر من واقعاً ناروشن و مبهم بود.

دی لایت: شما و رمنانت احتمالاً دربارهٔ کارهای برتراند راسل هم با هم صحبت کرده بودید.

نور: بله، درباره‌اش صحبت کرده بودیم. یادم می‌آید که درست همان هنگامی بود که راسل کتاب معروفش «تاریخ فلسفه غرب» را منتشر کرده بود. یادم می‌آید که رمنانت از قول معلمش، که اگر اشتباه نکنم اسمش براد بود، نقل می‌کرد که کتاب راسل را «آن کتاب توهین‌آمیز» خوانده بود.

دی لایت: رمنانت همان کسی بود که کتاب ویلیام جیمز به نام «اصول روان‌شناسی» را به شما معرفی کرد؟

نور: می‌توانم بگویم که این غیرعادی‌ترین توصیه‌ای بود که او به من کرد. در آن زمان اصلاً به آن توجهی نکردم. اما یک منبع مطالعاتی عالی بود و بیست سال بعد من واقعاً استفادهٔ زیادی از مطالب آن کتاب کردم. البته رمنانت به خوبی کارهای جیمز را درک می‌کرد.

دی لایت: شما در خاطراتتان گفته‌اید که عید پاک ۱۹۵۱، لحظهٔ مهمی برایتان بوده است. مرکز رایانهٔ ادساک تعطیل بوده و شما نتوانسته بودید برنامه‌تان را روی آن اجرا کنید.

نور: بله، درست است. من تازه برنامهٔ اخترشناسیم را اصلاح کرده بودم و آمادهٔ اجرا بر روی ماشین گشته بود. اما چون امکانش فراهم نبود، تنها کاری که می‌توانستم بکنم این بود که بنشینم و به دقت به برنامه‌ام نگاه کنم و سعی کنم به‌طور دستی اشتباهات را بیابم. نتیجه‌اش این شد که روز بعد از تعطیلات، برنامه‌ام به‌خوبی و بدون خطر کار کرد.

دی لایت: کنجکاوم بدانم که بقیهٔ آدم‌ها در روز عید پاک در کمبریج چکار می‌کردند؟ آن‌ها هم نمی‌توانستند با ماشین کار کنند. آیا آن‌ها هم مثل شما برنامه‌هایشان را بررسی می‌کردند؟

نور: من نمی‌دانم دیگران چکار می‌کردند. من تماس نزدیکی با آن‌ها نداشتم، ما به آزمایشگاه رفت و آمد داشتیم. فقط همین.

دی لایت: شما نوشته‌اید که:

«هیچکس در کمبریج ایده‌ای نداشت که چگونه خطاهای برنامه‌اش را تحلیل کند.»

نور: کمبریجی‌ها یک آزمون خاص عدد اول داشتند، برنامهٔ پیچیده‌ای که برای آزمایش ماشین به‌کار گرفته می‌شد. این برنامه بررسی می‌کرد که وضعیت ماشین خوب است یا نه. این جمله‌ای که از من نقل کردید، از ویلکس است که حوالی سال ۱۹۸۰ و پس از آن که پیش‌نویس خاطراتم را برایش فرستادم، برایم فرستاد. هیچکس نمی‌دانست که چگونه برنامه‌اش را تحلیل کند. امروز من برنامه را به بخش‌های مختلف تقسیم می‌کنم ولی در آن موقع هیچکس سعی نمی‌کرد این کار را بکند.

دی لایت: شما به متن برنامه نگاه می‌کردید؟

نور: نه، نه، چیزی که در دست ما بود یک نوار<sup>۱۱</sup> بود و یک ماشین. البته نه تنها یک نوار بلکه تعدادی نوارهای فرعی دیگر هم وجود داشت. اگر می‌خواستید بررسی کنید که حافظه درست کار می‌کند، باید نوار خاصی را قرار می‌دادید و بسامد تکانه‌ها<sup>۱۲</sup> را روی تابلوی فرمان<sup>۱۳</sup> تنظیم می‌کردید. همه چیز با نوار کاغذی<sup>۱۴</sup> انجام می‌شد.

دی لایت: روزی که به ادساک دسترسی نداشتید به نوار کاغذی برنامه‌تان نگاه می‌کردید. شما در آن روز نمی‌توانستید نوار کاغذی حاوی برنامه را بر روی ماشین نصب و اجرا کنید. آیا همکاران انگلیسی‌تان تمایل بیشتری برای راه‌اندازی ماشین نداشتند؟

نور: نمی‌توانم با اطمینان بگویم. اما البته گروهی آنجا بودند که کارشان کمک به افراد در یافتن خطاها بود. آن‌ها تمام نوارهای فرعی را در اختیار داشتند و به کمک آن‌ها می‌توانستند بفهمند در برنامه چه اتفاقی می‌افتد. برای مثال، به جای آن که فقط برنامه را اجرا کنند، یک برنامهٔ فرعی هم داشتند که به‌طور همزمان اجرا می‌شد و دستورالعمل‌های برنامه را یکی‌یکی در نظر می‌گرفت و در کنار اجرای این دستورالعمل‌ها، اطلاعات مفیدی دربارهٔ هر یک از آن‌ها نیز چاپ می‌شد. به این ترتیب، شما می‌توانستید بررسی کنید که انتظاراتتان در مورد آن دستورالعمل برآورده شده است یا نه. روش دیگر، بررسی یک خانهٔ خاص حافظه بود. هرگاه اتفاقی در آن خانه حافظه می‌افتاد، به شما گزارش می‌کرد. این‌ها شیوه‌هایی بودند که در آنجا توسعه یافته بود. از نظر من، کمبریج مدرسهٔ بی‌نظیری بود برای یادگیری چگونگی از بین بردن اشتباهات برنامه‌نویسی. زیرروال‌های کتابخانه‌ای نیز همین‌طور بودند. شما می‌توانستید هر چقدر می‌خواستید از زیرروال‌هایی که از نظر درستی، بررسی و تأیید شده بودند استفاده کنید.

دی لایت: شما در کمبریج بر روی ادساک برنامه‌نویسی می‌کردید تا یک مسئلهٔ اخترشناسی را حل کنید. از بحث‌هایی که کردیم چنین بر می‌آید که شما اشتیاق فراوانی برای یادگیری علوم و به‌ویژه، آخرین دستاوردها و پیشرفت‌های اخترشناسی داشتید. اما آیا در آن زمان برای آیندهٔ شغلی خود نیز برنامه‌ریزی کرده بودید؟ آیا به دنبال یک شغل دانشگاهی بودید؟

نور: من در آن موقع مدرکم را از دانشگاه کپنهاگ گرفته بودم. گام طبیعی بعدی، ورود به دورهٔ دکتري بود. من خیلی بعد فهمیدم که می‌توانستم از برنامه‌ای که بر روی ادساک نوشته بودم به‌عنوان موضوع اصلی پایان‌نامهٔ دکتریم استفاده کنم. به جای این کار، آن را به‌صورت یک مقاله منتشر کردم. من کارهای مربوط به پایان‌نامهٔ دکتریم را پنج سال بعد انجام دادم. البته آن هم بر پایهٔ کارهایی بود که با ادساک کرده بودم، با نتایج بسیار بیشتر براساس مشاهدات و وضعیت‌های نجومی.

11- tape

12- pulse frequency

13- panel

14- paper tape

## از اخترشناسی تا الگول

دی لایت: آیا در اوایل دهه ۱۹۵۰، کارهای انشتین را مورد بررسی عمیق‌تر قرار دادید؟

نور: نه، واقعاً من به کارهای اخترشناسی خود پس از ترک کمبریج ادامه دادم. مدتی در کپنهاگ به تدریس اخترشناسی پرداختم و سپس مشغول به کار در رصدخانه کپنهاگ شدم. بعداً به رصدخانه جدیدی که در وسط سیلند، پرجمعیت‌ترین جزیره دانمارک، در دست ساخت بود منتقل شدم. در آنجا به کار بر روی چیزهایی که در طول اقامتم در آمریکا (۱۹۵۳-۱۹۵۲) رصد کرده بودم، ادامه دادم.

دی لایت: شما در طول اقامتتان در آمریکا چکار کرده بودید؟ نور: افزون بر مشاهده رایانه‌های آمریکایی، به کارهای خودم در زمینه اخترشناسی ادامه دادم. برای نمونه، در رصدخانه مک‌دونالد در تگزاس به رصد پرداختم. این کار با همکاری پنگت استروم‌گرن صورت پذیرفت. او یک اخترشناس برجسته دانمارکی بود که من خود را مدیون محبت‌های او می‌دانم. او مدیر رصدخانه پرکز در ویسکانسین شد. من یک ماه را با او در بالای کوهی در تگزاس به رصد اندازه و رنگ گزیده خاصی از ستارگان گذراندم. او برنامه خاصی داشت که این کار برایش مفید بود. من همچنین مدل‌های درونی خورشید را محاسبه کردم: وقتی به درون خورشید می‌روید، درجه حرارت و فشار چگونه افزایش می‌یابد و وضعیت چگونه است که از فرایندهای هسته‌ای، انرژی تولید می‌شود. همه این کارها مربوط به دوره‌ای است که در آمریکا بودم. تماماً اخترشناسی همراه با مقدار زیادی محاسبات.

من همچنین یک تابستان را در آزمایشگاه واتسون در منهتن نیویورک گذراندم. ماشین‌های رایانشی در آنجا ابتدایی‌تر از ادساک بودند. آن‌ها ماشین‌های کارت منگنه ۱۵ آی‌بی‌ام بودند: ماشین حساب الکترومکانیکی 602A و ماشین حساب الکترونیکی ۶۰۴. این ماشین‌ها برای کار بر روی ساختار ستاره‌ها و انتگرال‌گیری از معادلات دیفرانسیل بودند.

دی لایت: دلیلی که دوباره از انشتین یاد کردم این است که شما در نامه خود به من نوشته‌اید که یک نسخه از «معنی نسبیت» انشتین، به تاریخ ۱۷ جون ۱۹۵۰، را در اختیار دارید. شما همچنین آگهی درگذشت انشتین را نوشته‌اید و یک نسخه از مقاله «پس از سال‌های پایانی من» او را نیز که حوالی همان زمان (۱۹۵۰) نوشته شده، دارید.

نور: بله، من آگهی درگذشت او را نوشتم که نشان می‌دهد به خوبی از فعالیت‌هایش آگاهی داشتم.

دی لایت: شما همچنین نوشته‌اید که تا تاریخ‌های ذکر شده در زیر، با این نویسندگان آشنا شده بودید:

• وایتهد (سرگذشت اندیشه‌ها)، ۳۱ ژانویه ۱۹۵۱

• گالی (پیرس<sup>۱۶</sup> و عمل‌گرایی)، ۱۹۵۲

15- punch-card machines

16- Peirce

• بریتون (جان استوارت میل)، ۲۵ ژانویه ۱۹۵۷

• راسل (عرفان و منطق)، ۲۵ ژانویه ۱۹۵۷

نور: این‌ها کتاب‌های انتشارات پلیکان بودند که من خریده بودم. معمولاً آن‌ها را می‌خواندم و از مطالب آن‌ها تأثیر می‌پذیرفتم.

دی لایت: آیا شما با هیچیک از همکارانتان در اخترشناسی، درباره این کتاب‌ها صحبت می‌کردید؟

نور: فقط با پیتر رمنانت، هیچکس در اخترشناسی دانمارک.

دی لایت: شما کتاب عرفان و منطق راسل را در سال ۱۹۵۷ در اختیار داشتید. یادتان می‌آید که آن را خریده بودید یا امانت گرفته بودید؟

نور: من یک نسخه از آن‌ها را همین‌جا دارم. (نور هر چهار کتاب انتشارات پلیکان را نشان می‌دهد) به راحتی قابل دستیابی و ضمناً ارزان قیمت بودند. مطمئناً پیرس را پیتر رمنانت به من گوشزد کرد. پیرس مبدع عمل‌گرایی بود. تاریخ انتشار کتاب من ۱۹۵۲ است.

دی لایت: شما در کتاب «آگاهی و رمز و راز منطق و قواعد» که در سال ۱۹۹۵ نوشته‌اید، با این ادعای راسل که «چیزهایی مثل معنی هستند که رابطه یک به یکی با واژه‌ها دارند» مخالفت کرده‌اید. آیا در اواخر دهه ۱۹۵۰ به‌طور عمیق نوشته‌های راسل را خوانده بودید؟ نور: نه، مطمئناً نه.

(نور چند کتاب دیگر از قفسه کتابخانه‌اش بیرون می‌آورد و نشان می‌دهد.)

بعدها، من این کتاب‌ها را نیز که در زمینه روان‌شناسی هستند، خریدم:

• نقد و رشد دانش، نوشته لاکاتوس و موس‌گریو، انتشارات دانشگاه کمبریج.

• زبان و اندیشه، نوشته نوام چامسکی.

• کلمه و شیء، نوشته ویلارد کواین، انتشارات ام‌آی‌تی.

• از یک دیدگاه منطقی، نوشته ویلارد کواین، انتشارات دانشگاه هاروارد.

• ماهیت‌ها: یک واژه‌نامه ادواری فلسفه، نوشته ویلارد کواین، انتشارات دانشگاه هاروارد.

• مسئله شناخت، نوشته آلفرد جی آیر، انتشارات مک میلان.

• روان‌شناسی: علم زندگی ذهنی، نوشته نیل میلر، انتشارات پنگوئن.

• پژوهش‌های فلسفی، نوشته ویتگنشتاین

• تحلیل ذهن، نوشته برتراند راسل

• ساختار انقلاب‌های علمی، نوشته توماس کوهن، انتشارات دانشگاه شیکاگو

علاقه من به کواین قطعاً از طریق پیتر رمنانت بود اما من تا سال ۱۹۸۴ آثار کواین را به‌طور عمیق و کامل مطالعه نکرده بودم. فکر می‌کنم آیر یکی از دانشجویان راسل بود.

دی لایت: من آدم‌های زیادی را در رشته شما نمی‌شناسم که آثار ویتگنشتاین را خوانده باشند.

نور: من مطمئنم که دایکسترا ویتگنشتاین را تحسین کرده است. من کتاب تحلیل ذهن راسل را در سال ۱۹۹۱ خریدم. در کتاب ۱۹۹۵ خودم، سعی کردم دریابم که افراد قبل از سال ۱۹۵۰، یعنی پیش از رایانه‌ها، چه چیزی درباره زندگی ذهنی نوشته‌اند. من در «واژه‌نامه ضد فلسفی» خودم، عقاید راسل درباره ادراک را به تفصیل نقل کرده‌ام. راسل آدم صریحی است و من به سادگی نشان داده‌ام که رویکردش واقعاً چقدر بی‌معنی و نامعقول است. کتاب کوهن را در سال ۱۹۸۳ خریدم.

دی لایت: در اواخر دهه ۱۹۵۰، شما آغاز به کار در نخستین شرکت رایانه‌ای دانمارک به نام «رگنه‌سنترال» کردید. یعنی در واقع حوزه کاری‌تان را از اخترشناسی به رایانش تغییر دادید. این یک تغییر اساسی از رشته مورد احترام اخترشناسی به برنامه‌نویسی برای یک ماشین بود. به نظر می‌رسد که این یک تغییر ناگهانی در موقعیت کاری شما بوده است.

نور: تا حدی بله، تا حدی نه. برای من یک فرصت عالی بود. بهترین چیزی بود که در تمام مسیر حرفه‌ای زندگی من روی داد. رصدخانه جدید در سیلند در وضعیت کاملاً بدی قرار داشت. برای ارضاء جاه‌طلبی‌های بنگت استروم‌گرن ساخته شده بود، استاد دانمارکی که مسئولش بود اما به مدت ده سال در آمریکا اقامت گزیده بود! آدم‌ها در اینجا نمی‌دانستند با آن چکار باید بکنند. وضعیت بسیار نومیدکننده‌ای بود. من در آنجا کمی کار کردم و تلاش کردم تا چرخه نصف‌النهار را تنظیم کنم (قرار دادن تلسکوپ به نحوی که فقط روی خط شمالی-جنوبی حرکت کند، به منظور رصد عبور اجرام آسمانی از یک سو به سوی دیگر نصف‌النهار. مترجم) اما غیرممکن بود زیرا تعداد کارمندان بسیار کم بود. برای یک اخترشناس، وضعیت بسیار نومیدکننده‌ای بود.

در همان زمان، من مشاور پروژه DASK (رایانه‌ای که در کپنهاگ در دست ساخت بود) نیز بودم. بدین خاطر بود که فرصت این را یافتم که زبانی را برای آن ماشین پیشنهاد دهم، که بلافاصله هم پذیرفته شد. من تماس‌های خیلی خوبی با آن‌ها داشتم. به آن‌ها درباره شیوه‌های کشف خطاهای برنامه‌نویسی، در راستای همان کارهایی که در کمبریج کرده بودم، نیز مشاوره می‌دادم. تجربیات من در کمبریج، برای این گروه بسیار مفید واقع شد. هنگامی که در اوّل فوریه ۱۹۵۹ به شرکت «رگنه‌سنترال» پیوستم، آمادگی خیلی خوبی از قبل داشتم. خیلی خوشحال بودم که از اخترشناسی‌رهایی پیدا کرده و به یک گروه عالی در «رگنه‌سنترال» به سرپرستی نیلز ایوار بک پیوسته بودم. او بهترین مدیر و رهبری برای این نوع فعالیت‌ها بود که من تا کنون دیده‌ام. بدین ترتیب بود که فرصت کار بر روی زبان الگول را پیدا کردم.

دی لایت: شما گفتید که تجربیاتتان در کمبریج برای کار جدیدتان در «رگنه‌سنترال» مفید بود. پیش زمینه تحصیلی و کاری همکارانتان در آن شرکت چه بود؟

نور: بهترین کارمندان، همگی مهندس بودند. شرکت «رگنه‌سنترال» بیشتر بر روی کاربردهای تجاری رایانش تمرکز داشت. و این کار به خاطر تأمین هزینه‌ها بود. برخی از نخستین کارهای من در «رگنه‌سنترال» کارهای مهندسی بودند.

یک پروژه، محاسبه میدان تابش آنتن‌ها و مربوط به فعالیت‌های فضایی آمریکا بود. شما یک موشک استوانه‌ای داشتید و می‌خواستید آنتنی داشته باشید که بتوانید با آن ارتباط برقرار کنید. ایده‌ای که وجود داشت، انداختن ماریپیچی به دور موشک بود. پرسشی که وجود داشت این بود که چگونه تابش می‌کرد. فرد متخصصی در دانشگاه فنی وجود داشت که قادر بود در قالب یک نظریه، چگونگی میدان تابش را بر حسب سری‌های نامتناهی اعداد مختلط نشان دهد. آن‌ها می‌خواستند آن را جدول‌بندی کنند و این یکی از وظایف من بود. برای انجام این کار باید از توابع بسل استفاده می‌کردم و کارهایی از این قبیل. من نظریه‌اش را به خوبی درک نمی‌کردم، اما می‌توانستم فرمولش را بگیرم و برنامه‌های کارآمدی برای آن‌ها بنویسم.

از دیگر کارهای اولیه من، نوشتن یک برنامه کاربردی برای فیزیکی‌دانی در مؤسسه نیلزبوهر بود. او یک انتگرال عجیب و غریب داشت و از من می‌خواست که آن را برایش محاسبه کنم. من این کار را برایش انجام دادم و خیلی موفقیت‌آمیز بود.

این‌ها برنامه‌هایی بودند که بابتش به شرکت پول می‌دادند. همگی مسائلی در آنالیز عددی بودند و بنابراین خیلی شبیه کارهایی بودند که در اخترشناسی انجام داده بودم. برای نمونه، حل معادلات حرکت یک سیاره، یک مسئله آنالیز عددی است. من همچنین برای چند سال آنالیز عددی را در دانشگاه فنی کپنهاگ تدریس کرده بودم: انتگرال‌گیری، ماتریس‌ها، مسائل مقدار ویژه<sup>۱۷</sup> و غیره.

دی لایت: به نظر می‌رسد که شما هیچ احساس کمبود تجربه‌ای در رابطه با برنامه‌نویسی نمی‌کردید. این‌طور که من می‌فهمم همه چیز خوب پیش می‌رفت (نور: بله) شما خیلی زود، پس از پیوستن به «رگنه‌سنترال»، چند آدم معروف را در صحنه بین‌المللی ملاقات کردید. شما باوئر، ساملسون، ون‌واین‌گاردن، زونولد، دایکسترا و چند نفر دیگر را ملاقات کردید. خیلی از آن‌ها هم متخصص آنالیز عددی بودند. نور: بله، همین‌طور است. روتیس‌هاوزر در زوریخ خیلی در آنالیز عددی شناخته شده و معروف بود. مطمئنم که باوئر و ساملسون هم در اصل متخصص آنالیز عددی بودند.

دی لایت: نخستین ملاقاتتان با این افراد را چگونه توصیف می‌کنید؟ شما همگی پیش زمینه فنی یکسانی نداشتید. آیا فکر می‌کنید که با آن‌ها یکسان در نظر گرفته می‌شدید؟

نور: نه، نه تنها من خیلی جوان‌تر از اغلب آن‌ها بودم، بلکه به وضوح این گرایش اروپای مرکزی‌ها را در استاد خطاب کردن این و آن حس می‌کردم. من هیچگاه از این سبک خوشم نیامده است و خیلی با

از آنجا گرفت. ما مجبور به این کار بودیم زیرا رایانه ما فقط 1K حافظه کاری بیشتر نداشت. البته یک طبله<sup>۲۲</sup> هم به عنوان حافظه فرعی داشت. بدین ترتیب ما این سازوکار صفحه بندی را، هم در زمان اجرا و هم در زمان ترجمه، به کار گرفتیم. ما یک برنامه مترجم چندگذری درست کردیم که خیلی ابتکاری بود. خیلی ها به داشتن برنامه مترجم تک گذری می بالیدند. ما به آن ها می گفتیم: «این که افتخاری ندارد. مال ما ده گذر دارد.»

دی لایت: منظورتان این است که آمستردامی ها به اندازه شما پیش نرفته بودند؟

نور: در مورد برنامه، نه. زیرا آن ها حافظه خیلی بزرگ تری در اختیار داشتند.

نکته دیگر، بررسی برنامه بود. ما کار بسیار بهتری در مقایسه با گروه آمستردام کردیم. فکر می کنم دایکسترا در جایی صریحاً به این مسئله اذعان کرده است.

دی لایت: بله، او تحت تأثیر برنامه مترجم GIER قرار گرفته بود. ما داریم درباره اوایل دهه ۱۹۶۰ صحبت می کنیم. شما لابد ارتباط زیادی با ون واین گاردن و دایکسترا داشتید.

نور: نه خیلی زیاد. من به ملاقات آن ها رفته بودم و آن ها نیز به اینجا آمده بودند. احتمالاً بهار ۱۹۶۰ بود. آن ها چند روز را با ما گذراندند. ما چیزهای زیادی درباره روش های آن ها یاد گرفتیم: راه حل پشته ای دایکسترا برای متغیرها و بلوک ها و امثال آن.

دی لایت: این مربوط به مارچ ۱۹۶۰ است.

نور: بله، احتمال دارد. من نیز یکبار به آمستردام رفتم و نزدیک به یک هفته را با دایکسترا گذراندم. او در تابستان به همراه خانواده اش به اینجا آمد و با خانواده من در خانه کوچک ییلاقی ما اقامت کردند. ما تعاملات خصوصی زیادی با هم داشتیم.

دی لایت: آیا با او درباره ویتگنشتاین هم صحبت کردید؟ نور: نه، فکر نمی کنم.

دی لایت: اجازه دهید در اینجا گفته های شما را درباره برنامه مترجم الگول برای ماشین DASK نقل کنم:

«در ماه مارچ ۱۹۶۰، گروه هلندی ما را با رویکرد بسیار عمومی شان به شدت تحت تأثیر قرار داد. البته با وجودی که آن ها آمادگی داشتند تا راه حلشان در مورد رویه های بازگشتی را در اختیار ما بگذارند، ما تصمیم گرفتیم که به راه حل ساده تر خودمان که تا اندازه ای هم تکمیل شده بود، وفادار بمانیم. این روی گردانی، دلایل عملی و تجربی داشت.»

آیا به دلایلی فنی بود که تصمیم گرفتید ابتدا به رویکرد باوئر و ساملسون درباره برنامه های مترجم روی آورید؟ نور: بله، درست است.

روابطی که انگلیسی نژادها<sup>۱۸</sup> با هم دارند، تفاوت دارد. از این نظر، من خیلی از ون واین گاردن که آمستردامی بود، خوشم می آمد. او در برقراری سبک غیررسمی گفتمان در جلسات الگول، مهارت خاصی داشت. من مقاله کوتاهی درباره سهم ون واین گاردن در الگول ۶۰ نوشته ام.

دی لایت: در سال ۱۹۵۹ شما با باوئر، ساملسون، روتیس هاوئر، ون واین گاردن و دیگران ملاقات کردید. گفتید که ون واین گاردن به خاطر لحن صمیمانه ای که داشت و با همه، چه استاد بودند یا نبودند، به طور یکسان رفتار می کرد، بر روی شما اثر مثبتی گذاشته بود. اما از نظر فنی و تخصصی چطور؟ آیا کسی شما را تحت تأثیر قرار داده بود؟ آیا شما و همکارانتان در «رگنه سنترالن» حس نمی کردید که از نظر فنی و تخصصی از دیگر اروپایی ها و آمریکایی ها عقب تر هستید؟ نور: گروه ALCOR (با باوئر، ساملسون و روتیس هاوئر) از نظر من گروهی بود که اروپای مرکزی ها در آن نقش اصلی داشتند. آن ها این را به وضوح ابراز می کردند. آن ها می خواستند که با نفوذترین افراد در صحنه بین المللی باشند. ما در مرحله نخستن با ماشین DASK در «رگنه سنترالن» سعی کردیم از روش های ALCOR استفاده کنیم. تمرین مفیدی بود زیرا محدودیت های ALCOR را نشان داد. خیلی زود متوجه شدیم که خودمان می توانیم به روش های بهتری دست یابیم.

دی لایت: پس از آن شما آغاز به همکاری با گروه آمستردام کردید. (نور: بله، خیلی بیشتر) آمستردامی ها بیشتر طرفدار مدیریت پویای حافظه بودند. (نور: بله) آن ها از بازگشت<sup>۱۹</sup> استفاده می کردند و رویکرد ایستا را دنبال نمی کردند. آیا این از نظر فنی و تخصصی برای شما جذابیت داشت؟ آیا ایده های ویلکس در کمبریج بر روی کارهای شما در زمینه برنامه های مترجم (کامپایلر) تأثیرگذار بود؟

نور: نه، کارهای ویلکس در کمبریج، نه. (کمی درنگ) کل مسئله ای که درباره تخصیص پویای حافظه وجود داشت این بود که ما به خاطر محدودیت جدی حافظه در رایانه مان، مجبور بودیم به آن روی آوریم. البته دایکسترا حافظه پشته ای<sup>۲۰</sup> متغیرها را به وجود آورده بود. ولی ما حافظه پویای برنامه را نیز توسعه دادیم که دایکسترا و همکارانش در نظر نگرفته بودند.

دی لایت: می توانید در این مورد بیشتر توضیح دهید؟ منظورتان از حافظه پویای برنامه چیست؟

نور: خوب، این برنامه مترجم GIER ما برای الگول ۶۰ بود. می توانست تخصیص پویای برنامه ها را انجام دهد.

دی لایت: شما دارید به چیزی اشاره می کنید که بعداً صفحه بندی<sup>۲۱</sup> نام گرفت؟

نور: بله، صفحه بندی. در منچستر ابداع شده بود. پینسن ایده اش را

18- Angol-Saxon

19- recursion

20- stack storage

21- paging

بزرگی بود، آن‌ها فقط همین 1K حافظه و نوارهای مغناطیسی را در اختیار داشتند. یک برنامه مترجم سه‌گذری بود و گذر دوم آن خیلی بزرگ بود. خیلی بدساخت و بی‌قواره بود. برنامه‌نویسی بسیار دشوار بود زیرا همواره مجبور بودند به خاطر کمبود حافظه، همه چیز را فشرده کنند.

دی لایت: شاید همکارانتان ترجیح می‌دادند به جای دنباله‌روی از رویکرد پویای دایکسترا، به همان توافق‌نامه ALCOR پایبند بمانند زیرا «قطار ALCOR» دیگر راه افتاده بود و به سوی جایی در حرکت بود.

نور: رویکرد دایکسترا در رابطه با استفاده از پشته در زمان اجرا بود. در حالی که گروه ALCOR بیشتر به فرایند ترجمه پرداخته بودند. در گروه ما یک نفر به نام ویلی‌هایس بود که مدتی را در آنجا گذرانده بود و بعداً به استخدام زیمنس درآمد. وقتی که من به «رگنه‌سنترالن» آمدم، او در آنجا بود. پیش از آمدن من، او در جلسه‌ای درباره ALCOR در نوامبر ۱۹۵۸ شرکت کرده بود. ما حس می‌کردیم که استفاده از منطق آن‌ها برای فرایند ترجمه، کمک بزرگی است و به همین دلیل از آن استفاده کردیم، اما من خیلی درگیر قضیه نبودم.

پیش از آن که به اواسط دهه ۱۹۶۰ بپردازیم، می‌خواهم بر روی تأثیری که روش‌های آنالیز عددی من به‌عنوان یک اخترشناس بر روی کارهای بعدی در زمینه رایانش داشت، تأکید کنم. من به‌عنوان یک اخترشناس، شروع به کارهای محاسباتی کردم. در مقطع خاصی در دهه ۱۹۶۰، شروع به تدریس آنالیز عددی به مهندسان در دانشگاه فنی کردم. تدریس من از روی کتاب «روش‌های مدرن رایانش» صورت می‌گرفت که درباره روش‌های آنالیز عددی بود. چون بخشی از کارم، طراحی تمرین‌های مختلف برای دانشجویانم بود، آن‌ها را جمع کرده و در جزوه‌ای با عنوان «دوازده تمرین در تحلیل الگوریتمی» منتشر کردم. این جزوه شامل روش‌های عددی است که ریاضی‌دان‌ها آن را آنالیز عددی می‌نامند و من آن‌ها را تحلیل الگوریتمی نامیده‌ام. من این رشته را خیلی دوست دارم. هنگامی که برنامه مترجم الگول ۶۰ اجرایی شد، یکی از سرگرمی‌های لذت‌بخش من، استفاده از آن برای کار کردن با الگوریتم‌های منتشر شده در مجله CACM بود که گزارش آن‌ها در همان مجله چاپ شده است. به همین دلیل بود که ما زبان برنامه‌نویسی و برنامه مترجم خوبی درست کردیم. ابزار مفیدی بود برای کار ما با مسئله‌های این رشته خاص.

## نحو<sup>۲۸</sup> و معناشناسی<sup>۲۹</sup>

دی لایت: شما در مقاله «شهود<sup>۳۰</sup> در تولید نرم‌افزار» خود در سال ۱۹۸۵ درباره نحو و معنا چنین نوشته‌اید:

«در گفتگوهایی که درباره متن و زبان صورت می‌گیرد، گرایش کلی

دی لایت: من همچنین در اینجا مقاله‌ای را درباره برنامه مترجم الگول ۶۰ برای ماشین DASK به همراه دارم، با عنوان «الگوی برای تخصیص حافظه برای الگول ۶۰». پینسن، موندروپ و شما به برنامه‌نویس الگول اجازه داده‌اید که به‌طور صریح، انتقال اطلاعات بین حافظه اصلی و طبله را بیان کند.

نور: من همه این چیزها را فراموش کرده‌ام. (خنده نور) من فکر نمی‌کنم هیچگاه حتی یک برنامه الگول را هم بر روی ماشین DASK اجرا کرده باشم. فکر می‌کنم هنگامی که الگول DASK تکمیل و آماده شد من در آمریکا بودم و هنگامی که بازگشتم، بلافاصله پروژه GIER را آغاز کردیم. من پروژه GIER را در نیمه دوم سال ۱۹۶۱ در کارولینای شمالی که در دانشکده ریاضیات آنجا مدرّس پژوهشی مدعو بودم، آماده کرده بودم. این فعالیت را با جان کار<sup>۲۳</sup> انجام دادم.

دی لایت: جان کار چگونه بود؟ از شما پیرتر بود؟ نور: نه، نه آنقدرها. او جثه کوچکی داشت ... و مطمئن نیستم که واقعاً او را درک می‌کردم. او از یک سو مرا دعوت کرده بود. اما در یک مقطع حس می‌کردم که مخالف من است و علیه من واکنش نشان می‌دهد. توضیح دادنش سخت است. هنگامی که به کپنهاگ بازگشتم، ما در «رگنه‌سنترالن» بلافاصله کار بر روی پروژه GIER را آغاز کردیم که تا آگوست ۱۹۶۲ طول کشید. در خلال انجام این پروژه، من در سال ۱۹۶۲ به مدرسه تابستانی چپل‌هیل رفتم و در آنجا روش خودمان برای GIER را توضیح دادم.

دی لایت: آیا هنگامی که پروژه GIER را آماده می‌کردید، جان کار الهام‌بخش شما بود؟

نور: نه، ابداً. اما من تا حدی از برخی دیگر از پروژه‌های آمریکایی‌ها الهام گرفتم. برای نمونه، استفاده از نمایش پسوندی<sup>۲۴</sup> به‌عنوان شکل میان‌مرحله‌ای دستورالعمل‌ها در خلال ترجمه. ما به‌طور سامانمندی از آن در آنچه که من شبه‌ارزیابی<sup>۲۵</sup> نامیده بودم، استفاده کردیم. ما مقاله‌ای برای توصیف این روش داشتیم: «بررسی نوع عملوند<sup>۲۶</sup> در برنامه‌های مترجم الگول». در خلال ترجمه، نوعی ارزیابی انجام می‌دهید. یعنی شما عملوندهایتان را درون پشته، به همان شیوه زمان اجرا، شکل می‌دهید اما عملوندها، مقادیر نیستند، آن‌ها شرح عملوندها هستند و به شما اجازه می‌دهند تا خیلی ساده، دستورالعمل‌هایی را که باید تولید کنید، بیان کنید. این روش می‌توانست هم در بررسی نوع<sup>۲۷</sup> (گذر ۶ در برنامه مترجم ما) و هم در نشانی‌دهی متغیرها (گذر ۷) به کار گرفته شود.

دی لایت: به نظر می‌رسد که درگیری شما در پروژه GIER خیلی بیشتر از DASK بوده است.

نور: اوه، کاملاً. DASK تلاشی بود برای استفاده از روش ALCOR. پینسن و موندروپ عمدتاً درگیر آن بودند. تخصیص حافظه، مشکل

23- John Carr III

24- postfix notation

25- pseudo evaluation

26- operand type

27- type checking

28- syntax

29- semantics

30- intuition

برای مثال، سیستم زمان اجرا؟

نور: این هم بخشی از معناشناسی است. تفسیر ساختار بر حسب ترتیب اجرا، شما باید تحت شرایط خاص، برخی چیزهای خاص را تکرار کنید و برخی چیزهای خاص را کنار بگذارید. این مطمئناً بخشی از معناشناسی است.

دی لایت: من نحو را همان گونه که در گزارش الگول ۶۰ آمده، به نشانه‌گذاری BNF ارتباط می‌دهم.

نور: آن گزارش بین نحو و معنا تمایز قایل شده است. (نور گزارش الگول ۶۰ را از قفسه کتابخانه‌اش بیرون می‌آورد). مطمئنم که آدم‌ها این تمایز بخشی را دوست دارند. به همین علت است که من در سراسر گزارش آن را روشن و صریح بیان کرده‌ام. در این بالا شما فقط نگران این هستید که نمادها چگونه در کنار هم قرار گرفته‌اند (نحو) و در این پایین، توضیح داده‌ام که چگونه اجرا شده‌اند (معناشناسی). من معمولاً با جملات تخصیصی آغاز می‌کنم، نحو، بر حسب نشانه‌گذاری BNF، سپس چند مثال، و بعد معنا، که توضیح می‌دهد کارها چگونه انجام شده‌اند.

دی لایت: هنگامی که درباره‌ی گذرهای برنامه‌ی مترجم الگول ۶۰ خود صحبت می‌کنید، آیا تمایز بین نحو و معنا مشابه گزارش الگول ۶۰ است؟

نور: نه واقعاً. (کمی درنگ) خوب، از یک نظر ممکن است کسی بگوید که چنین است.

دی لایت: واکنش شما نسبت به کسانی که آن‌ها نیز در سال‌های بعد می‌خواستند معناشناسی الگول ۶۰ و دیگر زبان‌های برنامه‌نویسی را صورت‌بندی (فرموله) کنند، چیست؟ برای نمونه، این کاری بود که کلیف جونز می‌خواست با زبان VDL انجام دهد. (زبان VDM-SL، زبانی است برای تعریف مشخصات صوری که در آزمایشگاه آی‌بی‌ام در وین توسعه یافته است. نسخه‌ی اولیه‌ی این زبان VDL یا «زبان تعریف وین» نام داشت. مترجم)

نور: خوب، این به من نشان داد که چطور می‌توان درگیر یک مشکل وحشتناک شد. در مورد وِن‌واین‌گاردن، نتیجه‌اش الگول ۶۸ بود، هیولای پیچیدگی. مطمئنم که درست است و کار می‌کند زیرا این افراد خیلی آدم‌های هوشمندی هستند، اما فکر نمی‌کنم که محصول کارشان مفید باشد. همانند مقاله‌ی کلیف جونز درباره‌ی صورت‌بندی<sup>۳۵</sup> که او در آن، فضای بسیار زیادی را به تعریف صوری یک جایگشت<sup>۳۶</sup> اختصاص داده است. اگر آن را در کنار توضیحات بسیار ساده‌ی دونالد کنوت که به زبان معمولی بیان شده قرار دهید، متوجه می‌شوید که منظور من چیست.

دی لایت: شما بیان کرده‌اید که نحو و معنا فقط جنبه‌ی شهودی دارند. به گفته‌ی خود شما:

«نکته‌ی اصلی درباره‌ی مفاهیمی چون نحو و معنا این است که آن‌ها

این است که فرض می‌شود در پرداختن به یک متن، فرد باید بین چیزهایی که نحو و معنا خوانده می‌شود، تمایز قایل شود و این عقیده‌ی اثبات نشده و مورد پرسش قرار نگرفته وجود دارد که خواندن یک متن باید مستلزم تحلیل‌های نحوی و معنایی جداگانه باشد.»

ماه گذشته شما به من گفتید که احتمالاً زبان‌شناس سوئیسی فردیناند دوساسور<sup>۳۱</sup> کسی بوده که در اوایل قرن بیستم این ایده را -متأسفانه- مطرح کرده است. (نور: بله) با وجود این، شما همچنین در مقاله‌تان نوشته‌اید که این تمایز بین نحو و معنا در کارهای مربوط به برنامه‌ی مترجم و در زبان‌های برنامه‌نویسی مفید است. می‌توانید بیشتر توضیح دهید؟

نور: «زبان برنامه‌نویسی»، عبارت نامناسبی است. هیچ مشابهتی با آنچه ما به‌طور معمول درباره‌ی زبان صحبت می‌کنیم، وجود ندارد. این مسئله از همان ابتدای دهه‌ی ۱۹۵۰ که وارد این رشته شدم، آزارم داده است. همه‌ی این منطق‌دانان آمریکایی، مانند سال گورن<sup>۳۲</sup>، بلافاصله از روی آن، زبان‌های صوری<sup>۳۳</sup>شان را ساختند. گورن یک دوجین از چنین زبان‌هایی دارد و همگی بر پایه‌ی ایده‌ی نحو و معنا هستند.

دی لایت: آیا شما سال گورن را ملاقات کرده‌اید؟ آیا او منطق‌دان بود؟ نور: من چندین بار او را دیده‌ام. به گمان من او را باید نوعی منطق‌دان به حساب آورد. او مطمئناً در آن زمان، بر روی حوزه‌ی تأثیرگذار بود. او درباره‌ی زبان‌های صوری‌اش مقاله‌ای در مجله‌ی CACM نوشته است. من از استفاده‌ی او از عبارت «زبان» خشنود نبودم. چرا باید الگول ۶۰ را زبان بنامیم؟ من همیشه با این عبارت مشکل داشته‌ام.

دی لایت: با وجود این، شما می‌گوئید که در کارهای مربوط به برنامه‌ی مترجم، تمایز بخشیدن بین نحو و معنا، مفید است. چرا چنین است؟ نور: من فکر می‌کنم این‌طور است. (کمی درنگ) در برنامه‌ی مترجم اولیه‌ی الگول ۶۰، ما چند گذر داشتیم، روی هم رفته نه تا. می‌توان گفت که سه گذر اول مربوط به همه‌ی چیزهای نحوی بود زیرا بر حسب نشان‌گذاری نحوی توصیف شده بودند. بعضی‌ها از این توصیف صوری به‌عنوان پایه‌ای برای تحلیل برنامه‌های ورودی استفاده کرده‌اند. من هیچگاه شیفته‌ی آن نبودم و بیشتر به‌عنوان یک رویکرد بدساخت و ناجور به آن نگاه می‌کردم. در مرحله‌ی تحلیل نحوی، شما از حروف برای شناسایی چیزها استفاده می‌کنید، اما چیزی که آن‌ها شناسایی می‌کنند در این مرحله بی‌اهمیت است. شما فقط نگران جداسازها<sup>۳۴</sup>، نمادهای بین آن‌ها، و یافتن ساختار هستید.

سپس نوبت پردازش بعدی فرا می‌رسد که شما مشخص می‌کنید کدام شیء توسط هر یک از این نام‌ها شناسایی شده است. شما به این می‌گوئید معناشناسی.

دی لایت: هنگامی که از معناشناسی صحبت می‌کنید، آیا منظورتان نحوه‌ای که برنامه قرار است اجرا شود نیز هست؟ مدل محاسباتی؟

31- Ferdinand de Saussure

32- Saul Gorn

33- formal language

34- delimiter

35- formalization

36- permutation

تفاوت دارد، دیده بودم. در یک مقطع تصمیم گرفتم که باید آن را بخوانم و درک کنم، و تنها از طریق افزودن یک توصیف صوری به آن توانستم این کار را انجام دهم.

من مجبور شدم یک توصیف تکمیلی برای برنامه‌اش ابداع کنم، که در کار خود او نیست، تا بتوانم به‌طور صوری وضعیت<sup>۳۹</sup> ماشین او را با عبارت‌های خاصی توصیف کنم. این توصیف در کتاب ۱۹۹۵ من «آگاهی و رمز و راز منطق و قواعد» نیز توضیح داده شده است. ارائه ماشین تورینگ به صورت یک تصویر لحظه‌ای<sup>۴۰</sup> است که الهام گرفته از مقاله من درباره تصاویر لحظه‌ای در دهه ۱۹۶۰ می‌باشد. در نتیجه، توانستم صحت برنامه‌اش را به‌طور صوری نشان دهم. سپس از دانشجویانم خواستم تا توصیفی به دست دهند که آن را در درک برنامه تورینگ مفید می‌یابند. افزون بر این، در خلال انجام آن کار، از آن‌ها خواستم تا اشتباهاتی که در برنامه تورینگ وجود دارد را مشخص کنند.

به عقیده من، این فعالیت کلاسی مفیدی برای دانشجویان بود. فعالیت کلاسی دو مرحله داشت. در مرحله نخست، هر دانشجو باید برنامه تورینگ را مطالعه می‌کرد و یک توصیف اضافی می‌نوشت که به دیگران در درک برنامه تورینگ کمک می‌کرد. سپس هر دانشجو باید گزارشی را برای من آماده می‌کرد و من بعداً گزارش خودم را هم بدون آگاهی آن‌ها در میان گزارش‌ها قرار دادم. تمام گزارش‌ها بی‌نام بودند. در مرحله دوم، هر کس باید به بقیه گزارش‌ها نگاه می‌کرد و یادداشت می‌کرد که آیا آن‌ها را واضح و مفید یافته است یا نه. بدین ترتیب، آن‌ها را مجبور کردم که توصیف صوری من را که تا حدی در مقایسه با بقیه گزارش‌ها یگانه بود، مطالعه کنند. کنجکاو بودم که بینم واکنش آن‌ها چیست. چیزی که دریافتیم این بود که واکنش آن‌ها به توصیف من کاملاً وابسته به شخص بود. برخی دانشجویان آن را نومیدکننده و نامفهوم یافته بودند و برخی دیگر بسیار کمک‌کننده و روشنگر. این آزمایش، جنبه‌های شخصی ادراک را نشان داد. همان‌گونه که در مقدمه مقاله من آمده است، هدفم از انجام این پروژه دو چیز بود:

«هدف اولیه از این مطالعه، نشان دادن چند شاهد تجربی در ارتباط با درک برنامه‌نویسان و استفاده آن‌ها از توصیفات دربرنامه‌نویسی رایانه است. جنبه‌های اصلی عبارتند از اهمیت تفاوت‌های سبک فردی و توصیفات صوری در برنامه‌نویسی. هدف بعدی، نشان دادن شیوه‌ای برای بررسی تجربی جنبه‌های برنامه‌نویسی است.»

شاهد تجربی، چیزی بود که من می‌خواستم. نتیجه‌گیری این است که بعضی افراد توصیفات صوری را دوست دارند و بعضی دیگر، نه. یک مسئله کاملاً شخصی است. راه میانه‌ای وجود ندارد.

دی لایت: شما دارید می‌گوئید که هر فرد دارای سبک ترجیحی خود برای تولید برنامه است. آیا می‌توان گفت که مثلاً حداکثر ده سبک مختلف وجود دارد؟

چیزهایی نیستند که بتوان بر حسب آن‌ها زبانی را برای نخستین بار به کسی معرفی کرد. بلکه در بهترین حالت، می‌توانند جنبه‌های مختلف یک زبان را به‌طور شهودی برای کسی که از پیش با آن زبان آشناست، آشکار سازند.»

نور: بله، قاعده‌ها توصیفی هستند. شکلی از توصیف چیزی هستند که از قبل می‌دانیم. و البته توصیف، چیز مفیدی است. تمام علوم درباره توصیف پدیده‌ها هستند.

دی لایت: اکنون می‌رسیم به رد کردن آزمون تورینگ<sup>۳۷</sup> از طرف شما (آزمون تورینگ، آزمون قابلیت ماشین برای نشان دادن رفتار هوشمندانه، معادل یا غیرقابل تشخیص از، یک انسان است. این آزمون بدین ترتیب بود که یک فرد باید مکالمات بین یک انسان و یک ماشین را که به زبان طبیعی صورت می‌گرفت ارزیابی کند و بتواند تشخیص دهد که کدامیک از طرفین مکالمه انسان و کدامیک ماشین بوده‌اند. این آزمون که در سال ۱۹۵۰ توسط آلن تورینگ معرفی شد به‌صورت یکی از مهم‌ترین مفاهیم فلسفه هوش مصنوعی درآمده است. مترجم) شما در مقاله «تفکر و آزمون تورینگ» که در سال ۱۹۸۶ نوشته‌اید، گفته‌اید که اگر رفتار هوشمندانه قابل توضیح دادن برحسب قواعد رفتاری باشد، در این صورت در حلقه‌ای نامتناهی از قواعد رفتار می‌آئیم که دور باطل است.

نور: اگر رفتار هوشمندانه به استفاده از قواعد خاصی وابسته بود، در این صورت باید قواعدی نیز وجود می‌داشتند درباره چگونگی به کار بستن آن قواعد و تا بینهایت این دور ادامه می‌یافت. من همین استدلال را علیه راسل نیز به کار برده‌ام که قبلاً بحث آن را کرده‌ایم. درک ماشین عمومی<sup>۳۸</sup> تورینگ

دی لایت: در اوایل دهه ۱۹۹۰، شما از دانشجویانتان خواستید تا مقاله ۱۹۳۶ تورینگ را بخوانند و با این کار می‌خواستید آزمایش کنید که اگر یک متن توصیفی برای یک برنامه‌نویس مفید باشد، آیا برای یک برنامه‌نویس دیگر نیز به همان اندازه مفید است یا نه. شما یافته‌هایتان را چنین خلاصه کرده‌اید:

«درک ماشین عمومی تورینگ- سبک شخصی در توصیف برنامه.» کنجکاو بودم بدانم که چرا مقاله تورینگ را برای این پروژه انتخاب کرده بودید.

نور: تورینگ در مقاله‌اش برنامه‌ای را ارائه کرده که کاملاً از آنچه ما امروز داریم متفاوت است. البته او چیز بهتری در اختیار نداشت و همه این‌ها مستقیماً برآمده از نبوغ او بود. درک مقاله او برای انسان امروزی چالش برانگیز است، چالشی که روش خوبی بود برای واداشتن افراد به فکر کردن درباره درک برنامه. من ده‌ها سال بود که از وجود مقاله ۱۹۳۶ تورینگ آگاهی داشتم. چندین بار نیز در طول دوران فعالیت حرفه‌ایم نگاهی به آن انداخته بودم و نمادگذاری عجیب و غریب آن را که کاملاً با چیزهایی که امروز استفاده می‌کنیم

39- state

40- snapshot

37- Turing's Test

38- Universal Machine

«با این پیش زمینه، پرسشی که به میان می‌آید این است که آیا ارتباط روشنی بین ویژگی‌های صوری فرم‌های توصیفی که توسط یک برنامه‌نویس مورد استفاده قرار می‌گیرد و درک حاصله توسط او وجود دارد؟»

نور: درکی که حاصل شد تا اندازه‌ای برحسب تعداد خطاهای یافته شده، مورد ارزیابی قرار گرفت. بعضی از دانشجویان، خودشان نشانه‌گذاری صوری خود را معرفی کرده و به کار گرفته بودند. برخی دیگر، از مثال‌ها استفاده کرده بودند که آن هم خیلی مؤثر بود. تعدادی از آن‌ها به اجرای گام‌به‌گام برنامه پرداخته بودند که اگر کاملاً با برنامه تورینگ ناآشنا باشید، رویکردی منطقی است. ولی آن‌ها خیلی زود گیر کرده بودند زیرا در مقاله تورینگ خطایی وجود دارد که اگر رویکرد اجرای گام‌به‌گام را در پیش بگیرید خیلی زود متوجه آن می‌شوید. برای یکی از دانشجویان چنین اتفاقی افتاده بود و او نتوانسته بود به خواندن مقاله تورینگ ادامه دهد (خنده نور و من)

دی لایت: آیا خطاهایی که تورینگ مرتکب شده است، به راحتی قابل برطرف کردن هستند؟

نور: بعضی از آن‌ها، نه همه آن‌ها. تعدادی خطای ظریف وجود دارد که با بررسی موشکافانه می‌توان به آن‌ها پی برد. من تمام خطاها را در مقاله‌ام فهرست کرده‌ام و روش تصحیح و برطرف کردن آن‌ها را مورد بحث قرار داده‌ام. این فهرست همچنین نشان می‌دهد که کدام خطا توسط چه کسی تصحیح شده است، که باز نشانگر فردیت و سلیقه فردی در چنین درک‌هایی است.

دی لایت: با تشکر بسیار از شما به خاطر این گفتگو.

نور: خواهش می‌کنم.

نور: نه، مثلاً سبک من فقط برای برنامه تورینگ به‌وجود آمده بود، نه هیچ منظور دیگری. برای یک برنامه دیگر، به احتمال زیاد، سبک دیگری را در پیش می‌گرفتم.

دی لایت: مقاله اصلی ۱۹۳۶ تورینگ را به دانشجویانتان دادید؟ (نور: بله) آن مقاله خیلی مورد علاقه خود شما هم بود و می‌خواستید بالاخره درکش کنید.

نور: بله، و مورد علاقه دانشجویان هم بود زیرا مقاله‌ای بنیادی برای کل رشته است و هنوز هم ناشناخته مانده است. هیچکس چیزی راجع به مقاله تورینگ نمی‌داند. من درباره آن در همایش‌های کاری مختلف در آمریکا صحبت کرده‌ام. این معروف‌ترین مقاله در رایانش است و من از حاضران در این همایش‌ها می‌پرسیدم کدامشان آن را خوانده‌اند و حتی یک نفر هم پاسخ مثبت نداد. (خنده نور)

دی لایت: من فکر می‌کنم شما از معدود کسانی هستید که به‌طور عمیق آن را خوانده‌اید.

نور: شاید. و در بین آن‌ها که از مقاله ۱۹۳۶ او آگاهی داشتند، عده خیلی کمی می‌دانستند که فرق بین ماشین تورینگ و ماشین عمومی چیست. خیلی‌ها تفاوت این دو را نمی‌دانند و فکر می‌کنند که یک ماشین عمومی باید ماشین تورینگ هم باشد. هر رایانه‌ای که در این اتاق می‌بینید، توسط یک برنامه کنترل می‌شود و بنابراین یک ماشین عمومی است. بدین ترتیب شما می‌توانید هر برنامه ماشین دیگری را با برنامه‌نویسی شبیه‌سازی کنید.

دی لایت: سازمان‌دهی چنین پروژه‌ای در دانشگاه سخت بود؟ نور: نه، ابتدا هیچ مشکلی وجود نداشت.

دی لایت: شما در مقاله‌تان نوشته‌اید:

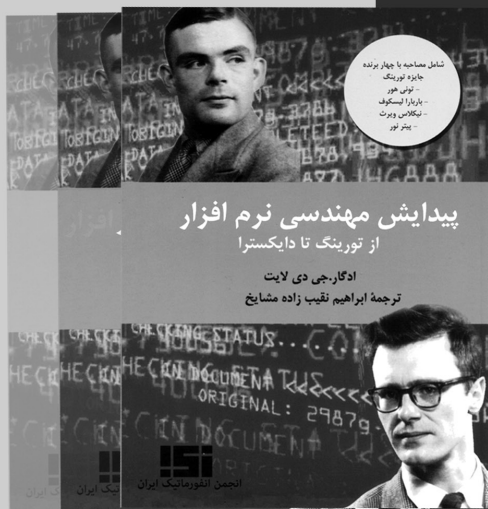
## منتشر شد!

پیدایش مهندسی نرم افزار

ترجمه: ابراهیم نقیب‌زاده مشایخ

برای تهیه کتاب با دفتر انجمن انفورماتیک ایران

تماس بگیرید ۶۶۴۱۲۸۶۱



## درس‌هایی در مهندسی نرم‌افزار چالش کیفیت نرم‌افزار

ترجمه سیدعلی آذرکار

شرکت مهندسی پدیدپرداز

پست الکترونیکی: ali.azarkar@pdpsoft.com

### چکیده

ابعاد زیادی از زندگی روزمره ما تحت نظارت و کنترل سامانه‌های پیچیده‌ای، با نرم‌افزارهایی که به شکل فزاینده‌ای پیچیده‌تر می‌شوند، هستند. بنابراین، ایمنی، امنیت و اطمینان‌پذیری این سامانه‌ها بدل به یک نگرانی عمده و عمیق شده است. هر چقدر نقش نرم‌افزار در سامانه‌های امروزی پررنگ‌تر شده و عمده‌تر می‌شود، نواقص بیشتری پیدا شده و این نواقص در شکل فعلی خود، ایمنی، امنیت و اطمینان‌پذیری سامانه را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. این مقاله توضیح می‌دهد چرا رویکرد سنتی آزمون و اصلاح\* دیگر به عنوان راهبردی برای کیفیت نرم‌افزار بسنده نکرده و کافی نیست؛ علاوه بر این، ویژگی راهبرد کیفیتی را که باید برای حل مشکلات کیفیت نرم‌افزار در آینده دنبال کنیم، تبیین می‌کند.

امروز بسیاری از سامانه‌هایی که زندگی و حیات ما به آن متکی است، توسط نرم‌افزار اجرا می‌شود؛ چه زمانی که با هواپیما پرواز می‌کنیم یا مالیات خود را می‌پردازیم یا از دستگاه‌های تنظیم‌کننده ضربان قلب استفاده می‌کنیم. در همه این شرایط، ایمنی و سلامت ما وابسته به نرم‌افزار است. هر ارتقایی که در سامانه ایجاد می‌شود، اندازه و پیچیدگی آن را افزایش داده و به همان نسبت احتمال وقوع مشکلات جدیدی را بیشتر می‌کنند. نواقص در بازی‌های رایانه یا سامانه رزرواسیون هتل یا برنامه‌های حسابداری ممکن است کمی مشکل‌ساز باشد ولی در سامانه‌های ناوبری هواپیما، خودروها، نیروگاه‌های هسته‌ای، سامانه‌های موشکی و مواردی از این دست، می‌تواند فاجعه‌بار باشد.

امروز هر کسی با شبکه‌های حمل و نقل، بیمارستان‌ها، وسایل پزشکی، خدمات عمومی و زیرساخت‌های بین‌المللی مالی سروکار دارد. این‌ها توسط سامانه‌های بزرگ و پیچیده نرم‌افزار اجرا و مدیریت شده که بالقوه می‌توانند دارای خطا باشند. صرف نظر از این که این سامانه‌های بزرگ (که از حیث داده‌ای حیاتی هستند) از ابتدا تولید یافته یا از ترکیب سامانه‌های قدیمی به وجود آمده‌اند، برای ایمن و امن بودن باید از یک سطح کیفی در حد چند نقص در چند میلیون خط کد برخوردار باشند.

سامانه‌های مدرن و بزرگ امروزی نوعاً دارای اسناد متعدد نیازمندی‌ها، طراحی‌های بزرگ و پیچیده و میلیون‌ها خط کد هستند. خطاهای رفع نشده در هر کدام از ابعاد فرایندهای طراحی و تولید، معمولاً منجر به نواقصی در سامانه عملیاتی می‌شود. سطح نقص این گونه سامانه‌های عملیاتی نوعاً بر حسب تعداد نقص در هر هزار خط کد اندازه‌گیری می‌شود. سامانه‌ای با یک میلیون خط کد، با همین سطح عادی از کیفیت، دارای ۱۰/۰۰۰ نقص کشف نشده بوده، حال آن‌که در هر سامانه‌ای با این اندازه که به شکل معقولی امن است، باید تعداد بسیار معدودی نقص داشته باشد؛ قطعاً کمتر از ۱۰ تا.

\* Test-and-Fix

جدول ۱: برخی از گونه‌های ممکن آزمون

|                                          |
|------------------------------------------|
| نرخ‌های داده‌ای                          |
| مقادیر داده‌ای                           |
| خطاهای داده‌ای                           |
| تنوع پیکربندی                            |
| مقدار، نوع و زمان‌بندی فرایندهای هم‌زمان |
| از کارافتادگی سخت‌افزاری                 |
| از کار افتادگی شبکه                      |
| خطاهای کاربری                            |
| تغییرات نسخه                             |
| تغییرات برق                              |

و آزمون همه این شرایط (قبل از عملیاتی شدن) دشوارتر می‌شود. این منطق پشت پرده آزمون بتا بود که چهل سال قبل در شرکت آی‌بی‌ام برای سیستم عامل OS/360 استفاده شد. نسخه‌های اولیه سیستم عامل جدید پس از انتشار، برای معدودی از کاربران مورد اعتماد شرکت ارسال شد. سپس آی‌بی‌ام، پیش از انتشار عمومی سیستم عامل، مشکلاتی را که این کاربران یافته بودند برطرف کرد. این راهبرد به قدری موفقیت‌آمیز بود که به شکل گسترده‌ای توسط سایر عرضه‌کنندگان نرم‌افزارهای تجاری استفاده شد.

با این حال، متأسفانه راهبرد آزمون بتا برای سامانه‌های حساس و حیاتی مناسب نیست. به عنوان مثال، بالگرد V22 از یک کج‌بال و یک سامانه موتور برای پرواز مانند یک هواپیما و فرود مانند یک بالگرد، استفاده می‌کند. در یک پرواز آزمایشی، سامانه هیدرولیک درست زمانی که خلبان بال را برای نشستن به سوی زمین کج کرد، از کار افتاد. در حالی که بالگرد یک سامانه پشتیبان تعبیه شده برای مدیریت این گونه از کارافتادگی‌ها را داشت، بالگرد تحت چنین شرایط روشن و بدیهی آزمون نشده و نقص سامانه پشتیبان یافت نشده بود. این نقص باعث شد تا بالگرد مذکور سقوط کرده و تمامی سرنشینان آن کشته شوند.

مشکل این است که هر چه سامانه‌ها پیچیده‌تر می‌شوند، تعداد و روش‌های ممکن برای استفاده از این سامانه‌ها به شکل نمایی رشد می‌کند. در نتیجه، مشکل آزمون با توجه به این واقعیت که روشی که برای آزمون این سامانه‌ها باید پیکربندی شده و محیط‌هایی که در آن استفاده می‌شوند بر نحوه اجرای آزمون نرم‌افزار تاثیر می‌گذارند، پیچیده و غامض می‌شود. جدول شماره ۱ برخی از گونه‌هایی را که باید هنگام آزمون یک سامانه پیچیده مد نظر قرار گیرد، فهرست می‌کند. بررسی تعداد حالات ممکن برای یک برنامه نسبتاً ساده نشان

## ۱- نیاز به کیفیت نرم‌افزار

پیش از سرزنش برنامه‌نویسان برای انجام کارهای سهل‌انگارانه، بهتر است سطح کیفی انواع دیگر رسانه‌های چاپی را در نظر بگیریم. یک نگاه سریع به کتاب‌ها، مجله‌ها و روزنامه‌ها، دست کم یک و معمولاً بیش از این تعداد خطا را در یک صفحه آشکار می‌کند، حال آن‌که حتی نرم‌افزارهایی که از حیث کیفی در سطح پایینی هستند، باید خیلی کمتر از یک نقص در هر صفحه (از سیاهه متن برنامه) داشته باشند. به بیان دیگر، حتی سطح کیفی نرم‌افزارهایی که کیفیت خوبی ندارند، بیشتر از چیزی است که برای سایر انواع متون نوشته شده انسانی حاصل شده است. برنامه‌نویسی یک کار دشوار است و این متخصصان کارهای فوق‌العاده کیفی انجام می‌دهد. تنها مشکل این است که بر اساس روندهای تاریخی، سامانه‌های آینده بسیار بزرگ‌تر و پیچیده‌تر از سامانه‌های امروزی هستند. معنای این واقعیت آن است که برای نگهداشت سطوح نقص امروزی، باید کار کیفی بسیار بیشتری را در آینده انجام دهیم.

برای درک چالش تحقق ۱۰ نقص یا کمتر به ازای هر میلیون خطا، تصور کنید سیاهه متن این برنامه چه اندازه خواهد بود. سیاهه یک برنامه ۱/۰۰۰ خطی، ۴۰ صفحه است و بر همین قیاس، سیاهه یک برنامه یک میلیون خطی ۴۰/۰۰۰ صفحه. روشن است که فقط یافتن ۱۰ نقص در این ۴۰/۰۰۰ صفحه، توسط انسان غیرممکن است. به هر حال، ما هم اکنون سامانه‌های پیچیده‌ای در این اندازه داریم و سامانه‌هایی بسیار از این بزرگ‌تر را در آینده‌ای نه چندان دور خواهیم داشت. پس باید کاری کرد؛ ولی چه کاری؟ این سوالی است که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

## ۲- چرا سامانه‌های دارای نقص کار می‌کنند؟

برای درک مشکل کیفیت نرم‌افزار، اولین سوالی که باید به آن پاسخ دهیم، این است: اگر نرم‌افزارهای امروزی تا این حد دارای نقص هستند، چرا فاجعه‌های بیشتری ناشی از کیفیت پایین نرم‌افزار نداریم؟ پاسخ سوال این است که نرم‌افزار فناوری حیرت‌آوری است. هنگامی که همه مشکلات یافت شده آزمون و برطرف می‌شود، نرم‌افزار برای همیشه تحت شرایطی که آزمون شده درست کار می‌کند. نرم‌افزار خسته، زنگ‌زده و پوسیده نمی‌شود. دلیل این که فاجعه‌های بیشتر نرم‌افزاری وجود ندارد، این است که آزمون‌گران قادر بوده‌اند این سامانه‌ها را فقط در شرایطی که نوعاً به کار گرفته می‌شوند، آزمون کنند. بنابراین، برای حل مشکل کیفیت نرم‌افزار، همه کاری که باید انجام دهیم آن است که به آزمون سامانه برای تمام شرایطی که به کار گرفته می‌شود، ادامه دهیم. در این صورت، مشکل چیست؟ مشکل پیچیدگی است. هر چه این سامانه‌ها پیچیده‌تر شده، روش‌های مختلفی که می‌توانند به کار گرفته شوند بیشتر شده، شیوه‌هایی که کاربران می‌توانند از آن‌ها استفاده کنند افزایش یافته

می‌دهد که چرا آزمون همه حالات ممکن برای هر سامانه پیچیده‌ای غیرعملی است. پس چرا نرم‌افزارهای پیچیده تا این حد دارای نقص هستند؟

### ۳- برخی واقعیت‌ها

نرم‌افزار محصولی است که توسط انسان تولید شده و باید هم این گونه باقی بماند. در حالی که ابزارها و فنونی برای خودکارسازی تولید کد، هنگامی که نیازمندی‌ها و طراحی مشخص است، ابداع شده، ولی نیازمندی‌ها و طراحی باید توسط افراد تولید شوند. به علاوه، هم‌زمان با این که سامانه‌ها به شکل فزاینده‌ای پیچیده می‌شوند، نیازمندی‌ها و طراحی آن‌ها نیز به شکل فزاینده‌ای پیچیده می‌شود. این پیچیدگی سپس منجر به تولید خطاها می‌شود و این خطاها منجر به نواقصی در نیازمندی‌ها، طراحی و خود کد عملیاتی می‌شود. بنابراین، اگر حتی کد بتواند به شکل خودکاری از نیازمندی‌ها و طراحی‌های دارای نقص تولید شود، کد منعکس‌کننده نواقص این نیازمندی‌ها و طراحی بوده و بنابراین، هنوز نقص وجود دارد.

هنگامی که افراد چیزی را طراحی می‌کنند، دچار اشتباه می‌شوند. هر چه طراحی‌های آن‌ها بزرگ‌تر و پیچیده‌تر باشد، احتمال این که مرتکب اشتباه‌های بیشتری شوند، زیادتر می‌شود. با بررسی داده‌های به‌دست آمده از هزاران مهندس با تجربه‌ای که در حال فراگیری PSP هستند، مشاهده شد که تولیدکنندگان نوعاً حدود ۱۰۰ خطا را در هر ۱/۰۰۰ خط کد تولیدی، تزریق می‌کنند. توزیع تعداد کل خطاهایی که توسط ۸۱۰ برنامه‌نویس مجرب در ابتدای آموزش PSP تزریق شده بود، در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. در حالی که تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود داشته و برخی از مهندسان کارهای کیفی‌تری انجام داده‌اند، ولی روشن است که تقریباً همه آن‌ها خطا تزریق می‌کنند.

تولیدکنندگان مختلف از ابزارهای متنوعی برای تولید کد برنامه بر اساس طراحی‌های خود استفاده کرده و آن‌ها نوعاً نیمی از نواقص خود را طی این فرایند یافته و رفع می‌کنند. این به معنای آن است که حدود ۵۰ درصد در هر ۱/۰۰۰ خط کد، در شروع آزمون اولیه باقی می‌ماند. توزیع خطاهای یافت شده در آزمون اولیه مجدداً در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

تولیدکنندگان معمولاً برنامه‌های خود را تا آنجا آزمون می‌کنند که شکست مشخصی را مشاهده نکنند. سپس آن‌ها برنامه‌های خود را به مرحله یکپارچه‌سازی و آزمون سامانه ارسال می‌کنند؛ جایی که این برنامه با برنامه‌های مشابه دیگری (در قالب زیرسامانه‌ها و سامانه‌های بزرگ‌تری) یکپارچه شده و آماده آزمون‌های بیشتری می‌شوند. محتوای دارای نقص برنامه‌هایی که وارد مرحله آزمون سامانه می‌شوند، نوعاً بین ۱۰ تا ۲۰ درصد در هر ۱/۰۰۰ خط کد است.

واقعیت نگران‌کننده آن است که آزمون می‌تواند فقط بخشی از نواقص

یک برنامه را پیدا کند. یعنی، هر چه برنامه حاوی نواقص بیشتری در زمان ورود به مرحله آزمون باشد، احتمال این که در پایان آزمون هم نواقصی داشته باشد، بیشتر است. دلیل این امر نکته‌ای است که پیش‌تر در مورد آزمون فراگیر گفته شد. روشن است که اگر نواقص به شکلی اتفاقی در سرتاسر یک سامانه بزرگ و پیچیده توزیع شده باشند، برخی از آن‌ها قسمت‌هایی از سامانه خواهند بود که خیلی به‌ندرت استفاده شده و برخی در آن قسمت‌هایی که فقط تحت شرایط آزمون اجرا می‌شوند. متأسفانه، قسمت‌هایی که به‌ندرت استفاده می‌شوند همان‌هایی هستند که بیشترین احتمال اجرا را داشته، هنگامی که این‌گونه سامانه‌ها در معرض فشارهای ناشی از تراکنش‌های بالا، تصادم‌ها، از کارافتادگی‌ها و جنگ‌های نظامی قرار می‌گیرند.

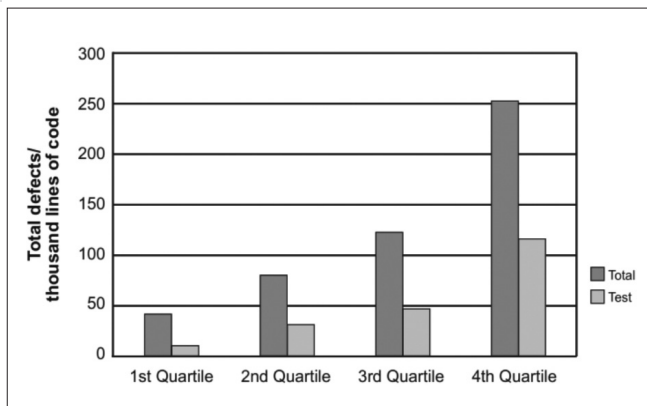
### ۴- مشکل رفع نقص

نقص، ساختاری نادرست یا معیوب در یک محصول است. در مورد نرم‌افزار، نواقص معمولاً بر اثر اشتباهاتی که طراحان یا برنامه‌نویسان هنگام تولید محصول می‌کنند، به‌وجود می‌آید. نمونه‌هایی از این نواقص، نادیده گرفتن‌ها، سوء برداشت‌ها یا خطاهای املایی است. علاوه بر این، از آنجا که نواقص بر اثر اشتباه‌ها به‌وجود می‌آیند، منطقی نیستند. در نتیجه، هیچ فرایند منطقی یا قیاسی که بتواند احتمالاً همه نواقص سامانه‌ها را پیدا کند، وجود ندارد. نواقص می‌توانند همه جا باشند و تنها راهی که بتوان همه آن‌ها را از طریق آزمون پیدا کرد، آزمون همه مسیرها، توابع، یا شرایط سامانه به شکلی جامع و کلی است.

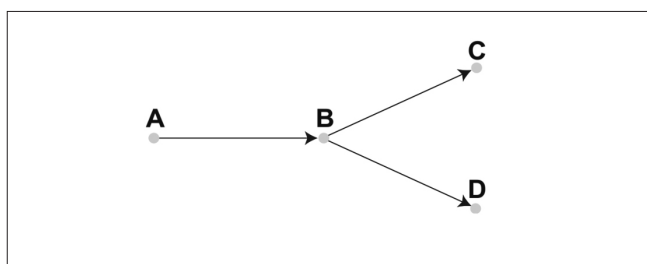
این منجر به سوال بعدی می‌شود که مربوط به اهداف آزمون است: «باید همه نواقص را پیدا کنیم یا نمی‌توانیم فقط آن تعداد معدودی را که خطرناک هستند یافته و رفع کنیم؟» واضح است که فقط نیاز است نواقص مشکل‌ساز را بر طرف کنیم، ولی راهی برای تعیین این که این نواقص کدام هستند، بدون بررسی همه نواقص، نداریم. به عنوان مثال، نقص یک طراحی پیچیده که یک پیام گمراه‌کننده برای کاربر تولید کرده نمی‌تواند خطری را به دنبال داشته باشد، حال آن که یک اشتباه املایی سهوی و محزر که «YES» را به «NO» بدل کرده، می‌تواند خیلی مهلک باشد. از آنجا که روشی وجود ندارد که از قبل نقص خطراًفرین را پیدا کند، لاجرم باید تلاش کرد تا همه آن‌ها کشف شوند. در این صورت، بعد از یافتن آن‌ها، باید دست کم آن‌هایی را که خطرناک هستند رفع کرد.

### ۵- مشکل آزمون

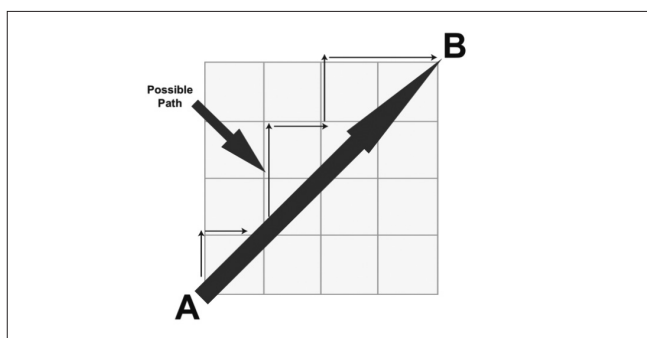
از آنجا که نواقص می‌توانند در هر جای برنامه یک سامانه بزرگ نرم‌افزار وجود داشته باشند، تنها روشی که آزمون می‌تواند همه آن‌ها



شکل ۱: نرخ نواقص (کلی و به‌ازای مرحله آزمون) ۸۱۰ مهندس مجرب



شکل ۲: برنامه‌ای شامل سه قطعه کد



شکل ۳: تعداد مسیرهای ممکن در شبکه‌ای با ۱۶ سویچ

- اول، سامانه‌های امروزی نوعاً تعدادی زیادی نقص دارند.
- دوم، این نواقص معمولاً مادامی که سامانه همان‌گونه که آزمون شده به‌کار گرفته شوند، مشکلی ایجاد نمی‌کنند.
- سوم، به دلیل رشد پیچیدگی سامانه‌های امروزی، آزمون همه شیوه‌هایی که سامانه می‌تواند استفاده شود، غیرممکن است.
- چهارم، هنگامی که سامانه‌ها به طرق غیرعادی تحت فشار قرار می‌گیرند نرم‌افزار آن‌ها به احتمال زیاد با نواقص کشف نشده مواجه خواهد شد.
- پنجم، تحت شرایط فشار، احتمال این که سامانه به شکلی صحیح و مطمئن عمل کند، کم است.

بنابراین، در کنار راهبرد فعلی مبتنی بر آزمون کیفیت نرم‌افزار، که به شکل عام استفاده می‌شود، دست کم برای سامانه‌های بزرگ و حساس در شرایط ضروری مطمئن نبوده، و این در

جدول ۲: تعداد مسیرهای ممکن در یک شبکه

| تعداد سویچ‌ها | تعداد مسیرها    |
|---------------|-----------------|
| ۱             | ۲               |
| ۴             | ۶               |
| ۹             | ۲۰              |
| ۱۶            | ۷۰              |
| ۳۶            | ۹۲۴             |
| ۴۹            | ۴,۴۳۲           |
| ۶۴            | ۱۲,۸۷۰          |
| ۸۱            | ۴۸,۶۲۰          |
| ۱۰۰           | ۱۸۴,۷۵۶         |
| ۴۰۰           | ۱۳۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ |

را پیدا کند، آزمون هر قطعه از برنامه به شکل کامل است. برای درک این موضوع، ساختار برنامه شکل ۲ را ملاحظه کنید. این قطعه از کد دارای یک دستورالعمل انشعاب در نقطه B است؛ سه قطعه A به B، C به B و B به D و دو مسیر مختلف ممکن بین قطعات ABC یا ABD. بنابراین، برای قطعه برنامه‌ای شبیه به این، نواقص می‌توانند در هر قطعه از کد و همچنین در خود دستورالعمل انشعاب وجود داشته باشند.

در یک برنامه بزرگ، تعداد مسیرها یا راه‌های ممکن در یک برنامه می‌تواند حسب نوع برنامه متفاوت باشد، ولی برنامه‌ها معمولاً دارای یک دستورالعمل انشعاب به ازای هر ۱۰ خط یا همین حدود، هستند. این به معنای آن است که برای برنامه‌ای با ۱,۰۰۰,۰۰۰ خط کد، نوعاً ۱۰۰,۰۰۰ دستورالعمل انشعاب وجود دارد. برای تعیین اندازه دشواری آزمون برای اینچنین برنامه‌ای، نیاز است تعداد مسیرهای آزمون را برای شبکه‌ای با ۱۰۰,۰۰۰ سویچ تعیین کرد. با توجه به شکل شماره ۳، می‌توان محاسبه کرد که برای یک شبکه با ۱۶ سویچ، ۷۰ مسیر ممکن از A به B وجود دارد. همان‌گونه که در جدول شماره ۲ نشان داده شده، تعداد مسیرهای ممکن در شبکه‌های بزرگ‌تر به سرعت رشد می‌کند: ۱۸۴,۷۵۶ مسیر برای ۱۰۰ سویچ و ۱۳۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ برای ۴۰۰ سویچ. واضح است که تعداد مسیرهای ممکن برای شبکه‌ای با ۱۰۰,۰۰۰ سویچ، از حیث عملی، امکان‌پذیر نیست. به علاوه، اگر آزمون مسیر به شکل فراگیر مقدور باشد، چیزی بیش از آزمون مسیر برای کشف نواقصی که مرتبط با زمان‌بندی، هم‌زمانی یا شرایط غیرعادی عملیاتی باشند، مورد نیاز خواهد بود.

## ۶- نتیجه‌گیری در مورد آزمون

بر اساس آنچه تا کنون بیان شد، چند موضوع می‌تواند نتیجه‌گیری شود:

حالی است که اطمینان‌پذیری از اهمیت بسیاری برخوردار است.

## ۷- راهبردهای موفق کیفیت

سازمان‌ها به سطح کیفی یک نقص در یک میلیون قطعه رسیده‌اند، ولی این در ساخت بوده و نه در فرایند طراحی و تولید. در زمینه ساخت کار تکراری توسط ماشین‌ها انجام می‌شود و چالش‌های کیفیت دنبال کردن گام‌های زیر به شکل یکنواخت و مناسب است:

- ۱- ایجاد خط‌مشی‌ها، اهداف و طرح‌های کیفیت
- ۲- برپاسازی مناسب ماشین‌ها
- ۳- تجهیز و تامین ماشین‌ها با ملزومات و قطعاتی با کیفیت
- ۴- نگهداری کل فرایند تحت کنترل مستمر آماری
- ۵- ارزشیابی خروجی ماشین‌ها
- ۶- اداره کردن مناسب همه انحرافات و مشکلات
- ۷- بسته‌بندی و توزیع به شکلی مناسب یا، در غیر این صورت، بررسی خروجی‌های ماشین
- ۸- تلاش یکنواخت برای بهبود همه جنبه‌های تولید و ارزشیابی فرایند

در حالی که این هشت گام رویکردهایی را برای ملاحظه در تولید نرم‌افزار پیشنهاد می‌کند، ولی برای کارهایی که شدیداً وابسته به نیروی انسانی است، مانند طراحی و تولید، به شکل مستقیم قابل اعمال نیست. به هر حال، با لحاظ کردن یک رویکرد مقایسه‌ای افراد با ماشین‌ها، در ادامه نشان داده می‌شود که چگونه می‌توان بر همین اساس پیش رفت.

## ۸- هشت جزء مدیریت کیفیت نرم‌افزار

هشت گام مورد نیاز برای تولید نرم‌افزار کیفی، به شکلی منسجم و سازگار، مبنی بر اصول پنج‌گانه کیفیت نرم‌افزار است که در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. با به خاطر داشتن این اصول، می‌توان هشت گام لازم را برای یک طرح اثربخش کیفیت نرم‌افزار تعریف کرد:

- ۱- ایجاد خط‌مشی‌ها، اهداف و طرح‌های کیفیت
  - ۲- آموزش، سرپرستی و پشتیبانی مناسب تولیدکنندگان و تیم‌های آن‌ها
  - ۳- ایجاد و نگهداری فرایند نیازمندی‌های مدیریت کیفیت
  - ۴- ایجاد و نگهداری کنترل آماری فرایند مهندسی نرم‌افزار
  - ۵- بازرگری، بازرسی و ارزشیابی همه فرآورده‌های محصول
  - ۶- ارزشیابی همه نواقص به منظور تصحیح و شناسایی، رفع و پیشگیری از بروز مشکلات مشابه
  - ۷- ایجاد و نگهداری سامانه مدیریت پیکربندی و کنترل تغییرات
  - ۸- بهبود مستمر فرایند تولید
- در ادامه، هر کدام از این هشت گام بحث شده و ارتباط آن‌ها با اصول

## جدول ۳: اصول کیفیت نرم‌افزار

### اصول کیفیت نرم‌افزار

- ۱- برنامه‌های کیفیت که به‌درستی مدیریت شده‌اند، هزینه کلی برنامه را کاهش داده، ارزش کسب‌وکاری و کیفیت محصولات تحویل شده را افزایش داده و زمان تولید را کوتاه می‌کند.
- ۱-۱- اگر هزینه و زمان تولید افزایش یابد، برنامه کیفیت به شکل مناسبی پیاده‌سازی نشده است.
- ۲-۱- اندازه برنامه، شامل ارزشیابی مجدد مقطعی اندازه هم‌زمان با ایجاد تغییرات، باید تخمین زده و ردیابی شود.
- ۳-۱- زمان‌بندی‌ها، بودجه‌ها و تعهدات کیفیت باید به توانم سازگار بوده و مبتنی بر داده‌های تاریخی و روش‌های تخمین صحیح باشند.
- ۴-۱- رویکرد تولید باید با نرخ تغییرات نیازمندی‌ها سازگار باشد.
- ۲- برای دریافت یک کار کیفی، مشتری باید خواهان آن باشد.
- ۱-۲- خصیصه‌هایی که کیفیت را برای یک محصول نرم‌افزاری تعریف می‌کند، باید بر حسب عبارات قابل اندازه‌گیری بیان شده و به شکلی رسمی بین تولیدکنندگان و مشتریان، به عنوان بخشی از مفاد قرارداد، توافق شده باشد. هر نمونه از انحراف از خصیصه‌های تعریف شده، نقص محسوب می‌شود.
- ۲-۲- قرارداد باید یک سطح کیفی توافق شده را، بر حسب کمیت قابل قبول (پذیرش) یا نسبت انحرافات (نواقص) در محصول تحویل شده، بیان کند.
- ۳- تولیدکنندگان باید شخصاً خود را مسئول کیفیت محصولاتی که تولید می‌کنند، بدانند.
- ۱-۳- تیم‌های تولید باید کارهای خود را طرح‌ریزی کرده و تعهدات خود را با مدیریت و مشتری مذاکره کنند.
- ۲-۳- مدیران نرم‌افزاری باید آموزش‌های مناسب را برای تولیدکنندگان فراهم کنند.
- ۳-۳- تولیدکننده فردی است که بخشی از محصول را تولید می‌کند، خواه یک طراح باشد یا مستندساز یا برنامه‌نویس.
- ۴- برای مدیریت مناسب پروژه‌های تولید نرم‌افزار، خود تیم‌های تولید باید کار را طرح‌ریزی، اندازه‌گیری و کنترل کنند.
- ۱-۴- تیم‌های پروژه باید دانش و تجربه را در مورد فناوری‌های مرتبط داشته و حوزه‌های کاربردی با اندازه پروژه و عوامل مخاطره تناسب داشته باشند.
- ۲-۴- کارایی رفع در هر گام و در کل قبل از تحویل محصول، باید اندازه‌گیری شود.
- ۳-۴- تلاش‌های مرتبط با هر فعالیت باید ثبت شود.
- ۴-۴- نواقص کشف شده توسط هر روش ارزشیابی باید ثبت شود.
- ۵-۴- اندازه‌گیری‌ها باید توسط آن‌هایی که فعالیت را انجام می‌دهند ثبت، و هم توسط تولیدکنندگان و هم توسط مدیران تحلیل شوند.
- ۵- مدیریت نرم‌افزار باید کار کیفی را تشخیص داده و آن را ارج نهد.
- ۱-۵- پروژه باید از ترکیبی از روش‌های ارزیابی که برای تصدیق سطوح توافق شده نقص کفایت کند، بهره گیرد.
- ۲-۵- مدیران باید از سنجه‌هایی برای حصول اطمینان از کیفیت بالا و بهبود فرایندها استفاده کنند.
- ۳-۵- مدیران باید از اندازه‌گیری‌هایی برای هر فرد استفاده کنند.

کیفیت نرم‌افزار بیان شده است.

### ۸-۱- گام ۱: ایجاد خط‌مشی‌ها، اهداف و طرح‌های کیفیت

خط‌مشی‌ها، اهداف و طرح‌های کیفیت در کنار هم بوده و بنیان اساسی همه برنامه‌های اثربخش کیفیت را شکل می‌دهند. خط‌مشی بنیادی که پایه‌ای را برای برنامه کیفیت شکل می‌دهد، این است که «کیفیت اولین اولویت هست و باید باشد.» بسیاری از تولیدکنندگان نرم‌افزار، مدیران و مشتریان بحث خواهند کرد که کارکرد محصول حیاتی بوده و زمان‌بندی پروژه و هزینه برنامه اندازه کیفیت مهم هستند. در واقع، بحث آن‌ها این خواهد بود که هزینه، زمان‌بندی و کیفیت باید متعادل باشد.

مهارت‌ها و دانش لازم را قبل از فراغت از دانشگاه فرا بگیرند، ولی تولیدکنندگان باتجربه نرم‌افزار باید معمولاً از طریق روش‌هایی مانند PSP به آن‌ها آموزش بدهند. با داشتن تولیدکنندگانی که به شکل مناسب آموزش دیده‌اند، تیم‌های تولید بعداً نیازمند مدیریت، راهبری و سرپرستی هستند. مدل TSP می‌تواند این راهنمایی و پشتیبانی را فراهم کند.

### ۳-۸-۳: ایجاد و نگهداری فرایند نیازمندی‌های مدیریت کیفیت

واقعیت اصلی تمامی برنامه‌های کیفیت آن است که باید برای امیدوار بودن به یک نتیجه کیفی، با یک شالوده کیفیت شروع کرد. در نرم‌افزار، نیازمندی‌ها سنگ زیرین هر چیزی هستند که انجام می‌دهیم؛ بنابراین، کیفیت نیازمندی‌ها مهم است. با این حال، مشکل کیفیت نیازمندی‌ها از دو وجه پیچیده است:

اول این که سنج‌های کیفیت نباید ویژگی‌های انتزاعی یک سند نیازمندی‌ها باشد، بلکه در عوض، باید اقلام روشن و قابل اندازه‌گیری باشند؛ مانند: تعداد نواقص ناشی از بازرسی نیازمندی‌ها یا تعداد نقص‌های نیازمندی‌ها که در آزمون سامانه یا حین استفاده کاربر دریافت شده است. به هر حال، برای داشتن بیشترین فایده، این سنج‌های کیفیت باید مبین درک دقیقی باشند که خود تولیدکنندگان از نیازمندی‌ها دارند؛ مستقل از این که درخواست‌کنندگان نیازمندی‌ها چه چیزی را باور دارند یا این که سند نیازمندی‌ها تا چقدر خوب تهیه شده است. تولیدکنندگان چیزی را خواهند ساخت که باور دارند نیازمندی‌ها می‌گویند و نه چیزی که تولیدکنندگان نیازمندی‌ها می‌خواهند بگویند. این به معنی آن است که مشکل مدیریت کیفیت نرم‌افزار که فرایند نیازمندی‌ها باید روشن کند انتقال درک از خبرگان نیازمندی‌ها به تولیدکنندگان نرم‌افزار.

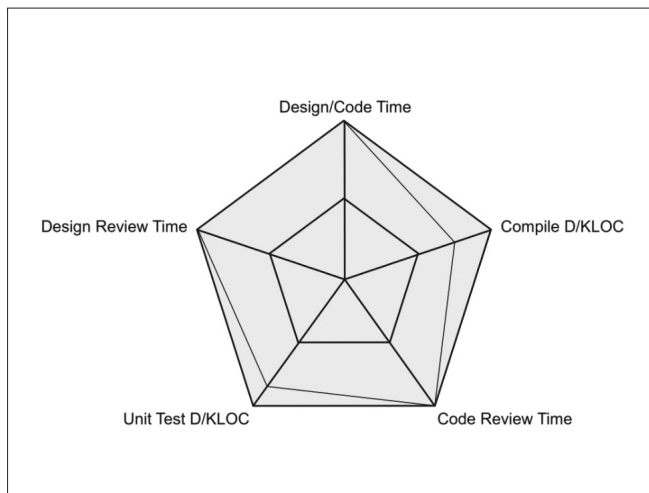
دوم این که، موضوع نیازمندی‌ها و پویایی آن‌ها است. هر چه افراد درباره آن‌چه کاربران نیاز دارند و آن‌چه تولیدکنندگان می‌توانند بسازند آگاهی داشته باشند، دیدگاه آن‌ها از آن‌چه مورد نیاز است، تغییر خواهد کرد. این واقعیت، مشکل مدیریت نیازمندی‌های را بسیار بغرنج می‌کند. دلیل این امر آن است که درک افراد از آن‌چه نیاز دارند، به تدریج و گاهی بدون هیچ درک عقلانی از این که دیدگاه‌های آن‌ها تا چه حد تغییر کرده، دستخوش تغییر و تحول می‌شود. همیشه یک تاخیر زمانی هم وجود دارد. حتی زمانی که کاربران می‌دانند نیازهای آن‌ها تغییر کرده، زمان لازم است تا آن‌ها بتوانند به درستی ایده‌های جدید خود را درک کرده و به تولیدکنندگان منتقل کنند. حتی پس از آن که تولیدکنندگان تغییرات را متوجه شده و درک می‌کنند، نمی‌توانند همه چیز را به یک باره کنار گذاشته و روی نسخه جدیدی تمرکز (شروع به کار) کنند.

دلیل این که این موضوع جزو خط‌مشی است، در اصل اول کیفیت نرم‌افزار بیان شده است: برنامه‌های کیفی که به شکل مناسبی مدیریت می‌شوند، هزینه‌های کلی برنامه را کاهش داده، ارزش کسب‌وکاری و کیفیت محصولات قابل تحویل را افزایش داده و زمان‌های تولید را کوتاه می‌کند. مشتریان باید کار کیفی را از تامین‌کنندگان خود بخواهند و مدیریت باید باور کند که اگر برنامه کیفیت هزینه‌ها یا زمان‌بندی برنامه را افزایش می‌دهد، برنامه کیفیت به شکل مناسبی تعریف نشده است. در واقع هیچ تعادلی بین هزینه/زمان‌بندی/کیفیت وجود ندارد: کیفیت را به شکل مناسبی مدیریت کنید و بهبودهای هزینه و زمان‌بندی به تبع آن خواهند آمد. هر کسی در سازمان باید این نکته را درک و پذیرفته باشد: همیشه انجام کار درست در همان دفعه اول سریع‌تر و ارزان‌تر است تا اتلاف زمان برای رفع نواقص محصولات بعد از تولید سامانه.

هنگامی که خط‌مشی پایه‌ای کیفیت جاری و ساری شد، مشتریان، مدیران و تولیدکنندگان باید سپس اهداف کیفی هر پروژه را تعریف کرده و بر روی آن توافق کنند. هدف اصلی باید یافتن و رفع همه نواقص برنامه‌ها در اولین زمان ممکن باشد، با هدف مقطعی رفع همه نواقص قبل در شروع آزمون یکپارچگی و سامانه. بر اساس اهداف ایجاد، تیم‌های تولید باید طرح‌های کیفیت قابل اندازه‌گیری تهیه کرده که بتواند با هدف حصول اطمینان از این که پروژه یک کار کیفی تولید می‌کند، ردیابی و ارزشیابی شود. این به نوبه خود، نیازمند آن است که کیفیت کار در هر گام اندازه‌گیری شده و این که داده‌های کیفیت توسط تولیدکنندگان، تیم‌های آن‌ها، مدیریت و مشتریان بازنگری و ارزیابی شود. زمانی که کار دارای نقصی یافت شود، باید به سرعت رفع نقص شود. اصل این است که نواقص هزینه دارد. هر چه آن‌ها زمان بیشتری را در محصول بمانند، کار بیشتری بر روی این محصول دارای نقص ساخته شده و شناسایی و رفع آن‌ها هزینه بیشتری در پی خواهد داشت.

### ۲-۸-۲: آموزش، سرپرستی و پشتیبانی مناسب تولیدکنندگان و تیم‌های آن‌ها

کار کیفی اتفاقی حاصل نمی‌شود؛ نیازمند تلاش ویژه متخصصان ماهر و باانگیزه است. اصل سوم کیفیت نرم‌افزار کاملاً اساسی است: تولیدکنندگان باید احساس کنند که شخصاً مسئول تولید محصولات هستند که تولید می‌کنند. اگر این گونه نباشد، آن‌ها برای تولید نتایج کیفی تلاش نکرده و تلاش بعدی آن‌ها برای یافتن و رفع خطاهای خودشان، هزینه‌بر، زمان‌بر و غیرموثر خواهد بود. توجیه تولیدکنندگان در این خصوص که کیفیت مسئولیت شخصی آن‌ها بوده و آموزش مهارت‌های لازم برای اندازه‌گیری و مدیریت کیفیت کار آن‌ها، نیازمند آموزش است. در حالی که مطلوب‌ترین حالت برای آن‌ها این است که این



شکل ۴: رخ‌نمای کیفیت نرم‌افزار (TSP)

می‌آید. رخ‌نمای کیفیت که مبنایی را برای اندازه‌گیری این شاخص شکل می‌دهد، در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. سپس، تولیدکنندگان و تیم‌های آن‌ها، از روش‌های استاندارد مدیریت آماری فرایند برای مدیریت کیفیت همه ابعاد کار تولید استفاده می‌کنند. داده‌های مربوط به تیم‌های تولید اولیه TSP نشان می‌دهد که با تبعیت از این شیوه، کیفیت به شکلی اساسی بهبود پیدا کرده است.

#### ۸-۵-گام ۵: بازنگری، بازرسی و ارزشیابی همه فراورده‌های محصول

ارزشیابی کیفیت دارای دو جزء است: ارزشیابی کیفیت استفاده شده برای تولید هر بخش محصول و ارزشیابی کیفیت محصولاتی که توسط فرایند تولید شده است. البته، دلیل اندازه‌گیری و ارزشیابی کیفیت فرایند، هدایت فعالیت‌ها و بهبود فرایند بوده که در گام ۸ آمده است. مدل CMMI و روش‌های ارزیابی با هدف هدایت ارزیابی‌های کیفیت فرایند تولید یافته و فرایند TSP برای هدایت سازمان‌ها در تعریف، به‌کارگیری و بهبود فرایندهای با کیفیت بالا و نیز در اندازه‌گیری مدیریت و ارزشیابی کیفیت محصول است.

برای ارزشیابی کیفیت فرایند، تولیدکنندگان و تیم‌های آن‌ها باید داده‌هایی را از کار خود گردآوری کرده و سپس این داده‌ها را در قیاس با اهدافی که در طرح کیفیت ایجاد شده، ارزشیابی کنند. اگر هر فرایند یا گام فرایندی پایین‌تر از آستانه کیفیت تعریف شده توسط تیم قرار گیرد، محصولات منتج شده باید برای اصلاح، تولید مجدد یا جایگزینی ارزشیابی شده و فرایند باید به سمت انطباق هدایت شود. این اقدام‌ها باید برای هر گام فرایندی، و بخصوص قبل از نشر هر محصول از تولید به آزمون، انجام شود. در ارزشیابی محصول، فعالیت‌های مربوط به یکپارچه‌سازی و آزمون نیز اندازه‌گیری و ارزشیابی شده تا تعیین شود آیا محصول به یک

برای پیاده‌سازی یک تغییر، تبعات طراحی و پیاده‌سازی به ازای هر تغییر در نیازمندی‌ها باید ارزیابی شود؛ طرح‌ریزی‌ها، هزینه‌ها و تعهدات باید تعدیل شود؛ و چگونگی تلفیق درک جدید در کار تولید باید توافق شود. این به معنای آن است که نیازمندی‌ها به شکل تکاملی در سلسله‌ای از نسخه‌ها تلقی شده، در حالی که تخمین‌ها، طرح‌ها و تعهدات تولید به روش مشابه ولی با تاخیر، پیشرفت می‌کند. سرانجام این که، خود محصول در نهایت طی سلسله‌ای با تاخیر از نسخه‌ها تولید خواهند شد. مشکل مدیریت با مدیریت کیفیت و نگهداری هم‌زمانی این سلسله، از نیازمندی‌ها، طرح‌ریزی‌ها و طراحی‌ها موازی و نسخه‌های محصول است.

#### ۸-۴-گام ۴: ایجاد و نگهداری کنترل آماری فرایند مهندسی نرم‌افزار

در حالی که کنترل فرایند موضوع گسترده‌ای است، نیاز است تا فقط دو جنبه از آن را مورد توجه قرار داد: مدیریت فرایند و بهبود مستمر فرایند. جنبه اول در این گام بحث شده و جنبه دوم در گام ۸.

گام اول در مدیریت آماری فرایند، بازتعریف راهبرد مدیریت کیفیت است. برای تحقق سطوح بالایی از کیفیت نرم‌افزار، ضروری است که دیدگاه یافتن نواقص به مدیریت فرایند تغییر داده شود. همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، برای تحقق سطح کیفی ۱۰ نقص به ازای هر یک میلیون خط کد با روش فعلی مدیریت کیفیت نرم‌افزار، تولیدکنندگان مجبور خواهند بود حدود ۱۰ از بین ۱۰۰،۰۰۰ تا ۲۰،۰۰۰ نقص را در یک برنامه ۴۰،۰۰۰ صفحه‌ای یافته و رفع کنند؛ مگر این که فردی یک ماشین جاودیخی اختراع کند که بتواند بدون خطا هر نقص نرم‌افزاری را شناسایی کند؛ و گر نه واضح است که بهبود مهارت‌های جستجو و تحلیل انسانی تا این سطح غیرممکن خواهد بود. بنابراین، تحقق این سطوح کیفی از طریق درک بهتر آزمون، بازنگری‌ها یا بازرسی‌ها امکان‌پذیر نیست.

راهبردی عملی‌تر، اندازه‌گیری و مدیریت کیفیت فرایند به‌کار گرفته شده برای تولید اجزای برنامه است. اگر به عنوان مثال، بتوان فرایندی ابداع کرد که به شکل سازگاری پودمان ۱۰۰۰ خطی تولید کرده که هر کدام کمتر از یک درصد شانس داشتن یک خطا را داشته باشد، سامانه‌ای با ۱،۰۰۰ از این پودمان‌ها احتمالاً کمتر از ۱۰٪ خطا به ازای هر میلیون خط خواهند داشت. یک مشکل بدیهی این راهبرد، توانایی ما برای ابداع و استفاده مناسب از یک چنین فرایندی است.

پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در تولید و به‌کارگیری این گونه فرایند وجود داشته است. این از طریق اندازه‌گیری هر فرایند تولیدکننده و تولید یک شاخص کیفی فرایند (PQI) به‌دست

مستقل از این که چه شیوه‌ای از مدیریت کیفیت استفاده شود، راهبردهای بهبود مستمر مانند آن‌هایی که توسط CMMI یا TSP تعریف شده، باید برای بهبود خود فرایند اعمال شود. به بیان دیگر، سنج‌های کیفیت فرایند، روش‌های ارزشیابی و آستانه‌های تصمیم‌گیری نیز باید به عنوان جنبه‌های مهم بهبود مستمر فرایند لحاظ شوند. علاوه بر این، از آنجا که هر تولیدکننده، تیم و سازمان با یکدیگر متفاوت است، این به معنای آن است که این بهبود مستمر فرایند باید هم افراد، هم تیم‌های تولید و هم پروژه‌های سازمان را درگیر کند.

### نتیجه‌گیری

در حالی که با یک چالش بزرگ در بهبود فرایند در کیفیت نرم‌افزار مواجه هستیم، نیازهای فزاینده و مهمی در کیفیت نرم‌افزار هم وجود دارد. این موضوع برای تقریباً تمامی افرادی که در حوزه نرم‌افزار هستند، باید روشن شده باشد که راهبری کیفیت مبتنی بر آزمون نرم‌افزار به بن‌بست رسیده است. گروه‌های تولید نرم‌افزاری سال‌ها برای تحقق بهبودهای کیفیت از ۱۰٪ به ۲۰٪ از طریق اعمال راهبردها و روش‌های آزمون، از طریق آزمایش با ابزارهای بهبودیافته آزمون و از طریق انجام کارهای سخت‌تر، تلاش کرده‌اند. بهبودهای کیفی مورد نیاز گسترده بوده و این‌گونه بهبودها صرفاً از طریق روش‌های قدیمی مبتنی بر آزمون محقق نمی‌شوند. علی‌رغم این که روش‌هایی که در این مقاله بحث شد، برای نرم‌افزار به شکل کامل اثبات نشده، ولی در حال حاضر انبوهی از شواهد وجود دارند که این‌ها کار خواهند کرد؛ دست کم بهتر از آن‌چه تا کنون انجام می‌دادیم. علاوه بر این، این راهبرد کیفیت از نوعی نگرش مبتنی بر داده‌ها استفاده کرده که می‌تواند هدایت‌گر بهبود مستمر فرایند در بلند مدت باشد. علاوه بر بهبود کیفیت، این راهبرد نشان داده که می‌تواند به صرفه‌جویی در زمان و هزینه منجر شود. بالاخره، و از همه مهم‌تر، این که کیفیت نرم‌افزار موضوعی است که به هر فردی مربوط است. کیفیت پایین نرم‌افزار باعث صرف هزینه و زمان هر کدام از ما می‌شود. در آینده‌ای نه چندان دور، بعید نیست که زندگی ما را تهدید کند. هر کدام از ما، چه تولیدکننده، چه مدیر یا کاربر، باید بر روی انجام کار کیفی مصر باشیم؛ این تنها راهی است که می‌توانیم آن نرم‌افزاری را که می‌خواهیم، داشته باشیم.

### منبع

این مقاله از منبع زیر برگرفته شده است:

- Watts S. Humphrey, The Software Quality Challenge, CrossTalk, June 2008, pp. 4-9.

سطح مناسب کیفی رسیده یا اقدام اصلاحی مورد نیاز است.

### ۸-۶- گام ۶: ارزشیابی همه نواقص به منظور تصحیح و شناسایی، رفع و پیشگیری از بروز مشکلات مشابه

احتمالاً مهم‌ترین گام منحصربه‌فرد در مدیریت کیفیت، سامانه بهبود مرتبط با داده‌های ناقص است. هر نقصی که پس از تولید یافت می‌شود، چه توسط آزمون نهایی، کاربران یا هر وسیله دیگری، باید به دقت ارزشیابی شده و نتایج برای بهبود هم فرایند و هم محصول استفاده شوند. دلیل این که این داده‌ها این قدر مهم هستند، آن است که آن‌ها مربوط به شکست‌های فرایندی هستند. هر نقصی که پس از تولید کشف می‌شود، نشانگر شکستی در فرایند تولید است و این گونه شکست‌ها باید تحلیل شده و نتایج برای هر دو نوع بهبود به کار گرفته شود.

اولین بهبود که نیازمند سریع‌ترین زمان عکس‌العمل (پاسخ‌گویی) است، تعیین جاهای مشابهی در محصول است که نواقص مشابهی که ممکن است رخ داده باشد (وجود داشته باشد) و اتخاذ اقدام عاجل برای شناسایی و رفع همه آن نواقص. دومین فعالیت بهبود، تحلیل این نواقص برای تعیین چگونگی پیشگیری از بروز نواقص مشابه در آینده، و ابداع روشی برای شناسایی و رفع سریع‌تر همه آن نواقص قبل از آزمون نهایی یا ارائه نسخه به کاربران.

### ۸-۷- گام ۷: ایجاد و نگهداری سامانه مدیریت پیکربندی و کنترل تغییرات

در انجام هر پروژه بزرگی، مدیریت پیکربندی حیاتی است. مدیریت پیکربندی باید فرآورده‌های محصول، نیازمندی‌ها، طراحی‌ها و فرایند تولید را پوشش دهد. علاوه بر این، اندازه‌گیری و مدیریت کیفیت خود مدیریت پیکربندی هم اساسی است. به هر حال، از آنجا که فرایندهای مدیریت پیکربندی نسبتاً استاندارد هستند، نیازی به بحث در مورد آن‌ها نیست.

### ۸-۸- گام ۸: بهبود مستمر فرایند تولید

تغییر بنیادین لازم توسط این راهبرد مدیریت کیفیت نرم‌افزار، به کارگیری روش‌های اثبات شده کنترل آماری فرایند برای هدایت بهبود فرایند است. به هر حال، ما در اینجا در مورد بهبود رواداری ماشین‌ها یا خلوص مواد صحبت نمی‌کنیم؛ درباره مدیریت سطوح کیفی آن‌چه انجام می‌دهند و همچنین سطوح کیفی محصولات آن‌ها صحبت می‌کنیم. در نتیجه، هنگامی که تولیدکنندگان داده‌های مرتبط با نواقصی را که شخصاً طی کار خود ایجاد کرده‌اند داشته و بدانند چگونه از این داده‌ها بهره‌برداری کنند، آن‌ها و تیم تولیدکننده آن‌ها می‌توانند چگونگی یافتن فقط آن اشتباهاتی که انجام داده‌اند را فرا بگیرند. آنگاه، در تعریف و بهبود فرایند مدیریت کیفیت، هر تولیدکننده‌ای باید از این داده‌ها برای بهره‌برداری بهینه از همه روش‌های در دسترس برای کشف و پیشگیری نقص استفاده کند.

## فعالیت‌های یک ساله انجمن انفورماتیک ایران

(مهرماه ۱۳۹۵ تا مهرماه ۱۳۹۶)

۱- تشکیل گروه تخصصی معماری، راهبری و مدیریت خدمات فناوری اطلاعات.

۲- ترتیب دادن سخنرانی‌های علمی. در سال گذشته ۴ سخنرانی علمی با عنوان‌های افسانه‌های سئو (آقای مهندس رضا شیرازی مفرد در تاریخ ۹۵/۰۹/۲۴)، باید و نبایدهای شرکت‌های دانش‌بنیان (آقای میثم شیخ‌نور در تاریخ ۹۵/۰۹/۲۲)، آزمون و اشکال‌زدایی نرم‌افزار (آقای مهندس علیرضا خلیلیان در تاریخ ۹۶/۰۱/۲۸)، افسانه‌های سئو (آقای مهندس رضا شیرازی در تاریخ ۹۶/۰۲/۰۴) برگزار گردید.

۳- برگزاری وبینار معماری کسب و کار (آقای مهندس رضا کرمی در تاریخ ۹۶/۰۵/۲۸).

۴- داوری مقالات ارسال شده برای مجله علوم رایانشی.

۵- کمک به تأمین مقالات علمی برای نشریه انجمن.

۶- پاسخگویی به پرسش‌های علمی و فنی اعضای انجمن.

۷- قرارداد دادن اسلایدهای کلیه سخنرانی‌های علمی در وبگاه انجمن.

### کمیته آموزش

فعالیت‌های کمیته آموزش در سال گذشته به قرار زیر بوده است:

۱- همکاری با کمیته انتشارات انجمن برای تأمین مقالات علمی.

۲- پاسخگویی به پرسش‌های علمی و فنی اعضای انجمن.

۳- برنامه‌ریزی برای برگزاری ۱۷ کارگاه آموزشی برای سازمان‌های مختلف در محل آن‌ها.

۴- داوری مقالات ارسال شده برای مجله علوم رایانشی.

۵- انعکاس اخبار مربوط به برگزاری همایش‌های علمی مرتبط در نشریه گزارش کامپیوتر.

آنچه در زیر به نظر اعضای گرامی انجمن می‌رسد، خلاصه‌ای از فعالیت‌های انجام گرفته توسط کمیته‌های مختلف انجمن در سال گذشته است:

### کمیته انتشارات

این کمیته همچون گذشته از فعال‌ترین کمیته‌های انجمن بود. مهم‌ترین فعالیت‌های کمیته انتشارات در یک سال گذشته به قرار زیر بوده است:

۱- انتشار ۶ شماره از نشریه گزارش کامپیوتر (شماره‌های پیاپی ۲۲۹ تا ۲۳۴).

۲- انتشار ۴ شماره از مجله علمی-ترویجی علوم رایانشی (شماره‌های پیاپی ۲ تا ۵).

۳- چاپ ویژه‌نامه قرارداد انس در تیرماه ۱۳۹۶.

۴- چاپ کتاب بازنگری در کار در مهرماه ۱۳۹۵.

۵- چاپ دوم کتاب بازنگری در کار در دی ماه ۱۳۹۵.

۶- ادامه همکاری با کارگاه هنر برای انجام امور مربوط به تهیه آگهی و چاپ گزارش کامپیوتر.

۷- ایجاد ارتباط با نویسندگان و مترجمان مقاله‌های علمی در حوزه علوم و مهندسی کامپیوتر برای جذب مقاله.

۸- قرارداد دادن مقاله‌های برگزیده گزارش کامپیوتر و اخبار انجمن در وبگاه انجمن.

۹- ارتقاء وبگاه مجله علوم رایانشی.

۱۰- تلاش برای ارتقاء کیفیت نشریه.

### کمیته گردهمایی‌های علمی

اهم فعالیت‌های این کمیته در سال گذشته به قرار زیر بوده است:

## کمیته روابط عمومی

مهم‌ترین فعالیت‌های این کمیته در سال گذشته به قرار زیر بود:

- ۱- تأمین محل برگزاری سخنرانی‌های علمی انجمن.
- ۲- برنامه‌ریزی برای برگزاری سی و هشتمین مجمع عمومی سالانه انجمن.
- ۳- برنامه‌ریزی برای برگزاری انتخابات نوزدهمین هیئت مدیره انجمن.
- ۴- راهاندازی کانال خبری انجمن در تلگرام.
- ۵- برپایی و اداره غرفه انجمن در پنجمین همایش راهبری و مدیریت فناوری اطلاعات سازمان نظام صنفی رایانه‌ای در تاریخ ۹۵/۱۰/۱۵.
- ۶- فروش مجلات، کتاب‌ها و سایر انتشارات انجمن.
- ۷- تلاش برای جذب کمک‌های مالی برای انجمن.
- ۸- تلاش برای جذب حامی مالی برای چاپ کتاب‌های انجمن.
- ۹- بروز رسانی مرتب وبگاه انجمن.

## کمیته عضویت

کمیته عضویت یکی از فعال‌ترین کمیته‌های انجمن در سال گذشته بود. مهم‌ترین فعالیت‌های این کمیته به قرار زیر بوده است:

- ۱- انجام امور مربوط به اعضای جدید، تمدید عضویت‌ها، تغییر نشانی‌ها و صدور کارت عضویت.
- ۲- تلاش برای جذب اعضای حقوقی.
- ۳- صدور گواهی‌نامه عضویت برای اعضای حقوقی.
- ۴- ارسال نشریه گزارش کامپیوتر برای اعضای انجمن.
- ۵- حضور در گردهمایی‌های علمی انجمن برای ارائه فرم عضویت و انجام امور عضوگیری.
- ۶- تماس مستمر با اعضای حقوقی انجمن و انعکاس فعالیت‌های آن‌ها در نشریه گزارش کامپیوتر.
- ۷- برگزاری انتخابات سالانه شاخه‌های دانشجویی انجمن در دانشگاه تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه شیراز و دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد.
- ۸- پاسخ به نامه‌ها و درخواست‌های اعضای انجمن.

## سایر فعالیت‌ها

علاوه بر فعالیت‌های فوق که از طریق کمیته‌های مختلف انجمن صورت گرفته‌اند، فعالیت‌های زیر نیز در سال گذشته از طریق دفتر انجمن انجام شده است:

- ۱- همکاری و تعامل مستمر با کمیسیون انجمن‌های علمی ایران.
- ۲- همکاری و تعامل مستمر با شورای انجمن‌های علمی ایران.
- ۳- تکمیل و ارسال فرم‌های ارزیابی و رتبه‌بندی به کمیسیون انجمن‌های علمی ایران.
- ۴- شرکت در چهارمین همایش ملی پیشرفت و توسعه علمی کشور که از سوی شورای انجمن‌های علمی ایران در تاریخ ۹۵/۰۸/۰۳ برگزار گردید.

۵- تغییر محل دفتر انجمن در تاریخ ۹۵/۱۰/۰۱.

۶- انعقاد تفاهم‌نامه همکاری با انجمن مدیریت اجرایی ایران.

۷- اهداء جایزه به برندگان مسابقه برنامه‌نویسی ای‌سی‌ام در تاریخ ۹۵/۱۰/۰۳.

۸- حمایت از برگزاری چهارمین کنفرانس بین‌المللی کامپیوتر، برق و مخابرات که در تاریخ ۹۵/۱۲/۰۵ در شهر مشهد برگزار گردید.

۹- حمایت از کنفرانس بین‌المللی مهندسی و علوم کامپیوتر که در تاریخ ۵ و ۶ اسفند ۹۵ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد برگزار گردید.

۱۰- شرکت در مجمع عمومی شورای انجمن‌های علمی ایران در تاریخ ۹۶/۰۳/۰۸.

۱۱- حمایت از برگزاری نخستین کنفرانس تحقیقات بازی‌های دیجیتال که در تاریخ ۹۶/۰۹/۰۲ برگزار خواهد شد.

۱۲- دریافت برگ قطعی عملکرد مالیاتی سال ۱۳۹۴ انجمن.

۱۳- دریافت و بررسی پیشنهاد چندین شرکت برای بازطراحی و ارتقاء وبگاه انجمن.

۱۴- برگزاری مرتب جلسات هیئت مدیره.

## اعضاء هیئت مدیره انجمن:

آقای ابراهیم نقیب‌زاده مشایخ (رئیس)

آقای دکتر اسلام ناظمی (نایب رئیس)

آقای دکتر علیرضا باقری (دبیر)

آقای مهندس محمدحسن محوری (خزانه‌دار)

آقای دکتر محمد گنج‌تابش

آقای دکتر علی فرخی (عضو علی‌البدل)

آقای مهندس سعید امامی (عضو علی‌البدل)

## کمیته‌های انجمن:

آقای ابراهیم نقیب‌زاده مشایخ (سرپرست کمیته انتشارات)

آقای دکتر محمد گنج‌تابش (سرپرست کمیته آموزش)

آقای مهندس سعید امامی (سرپرست کمیته عضویت و

روابط عمومی)

آقای مهندس علیرضا ماهیار (سرپرست کمیته

گردهمایی‌های علمی)

## مروری بر استفاده از داده کاوی در ورزش

نعیمه محمدعلی پور

دانشجوی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، پردیس علوم، دانشگاه تهران

پست الکترونیکی: naemeh.alipour@gmail.com

هدیه ساجدی

استادیار گروه علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، پردیس علوم، دانشگاه تهران

پست الکترونیکی: hhsajedi@ut.ac.ir

### چکیده

داده کاوی ورزشی پیشرفت چشمگیری در سال‌های اخیر داشته است. پیش‌بینی مسابقات از گذشته توسط هواداران تیم‌های ورزشی انجام شده است اما این پیش‌بینی با استفاده از ابزار و روش‌های داده کاوی دقیق‌تر شده است. این پژوهش به بررسی سوابق استفاده از معیارهای آماری و روش‌های داده کاوی در ورزش می‌پردازد. سوابق نشان می‌دهد که داده کاوی ورزشی برای بررسی تیم‌های ورزشی گروهی که در آن با قطعیت مکان بازیکنان و شناخت کارکرد بازیکنان رو به رو هستیم از نتیجه بهتری برخوردار است. از گذشته تا کنون داده کاوی ورزشی با موانع متعددی روبرو بوده است، اما با این وجود هم اکنون در حال به کارگیری است.

کلید واژگان: داده کاوی، ورزش، پیش‌بینی، یادگیری ماشین.

### ۱-مقدمه

در ورزش داده‌های خام بسیاری وجود دارد. این داده‌ها به صورت عملکرد فردی ورزشکاران، مربیان و یا تصمیم‌گیری صفر و یک (عملکرد خوب یا بد) برای کارکرد تیمی در مسابقات هستند. سازمان‌های ورزشی به وسیله اطلاعات به دست آمده از روش‌های داده کاوی می‌توانند در رقابت‌های خود سود بسزایی به دست آورند. همان‌طور که بازیکنان از تحلیل ویدیویی جهت بهبود عملکرد خود بهره می‌جویند، داده کاوی نیز هم اکنون به بخش حیاتی تصمیم‌گیری کارشناسان در سنجش مربیان تبدیل شده

است. آن‌ها به کمک یادگیری ماشین و روش‌های تخمین‌زدن قادر به بالا بردن سطح تمرینات در طول فصل مسابقات شده‌اند. اولین بخش مسئله، شناختن معیارهای سنجش بازی ورزشی است. بسیاری از معیارهای ورزش‌ها به راحتی قابل تشخیص‌اند ولی در مواقعی ممکن است جمع امتیازات رقیب با معیار خاصی بیشتر از جمع امتیاز تیم خودی باشد.

دومین قسمت مسئله پیدا کردن الگوی خاص و جالب توجه از داده است. این الگوها گاهی برای کشف تمایلات خاصی از تیم مقابل یا آسیب‌شناسی در تمرینات یا حتی پیش‌بینی ورزشی از طریق داده‌های قبلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

معرفی داده‌های ورزشی به دنیای ورزش نسبتاً جدید است. سال‌ها قبل در بیسبال حرفه‌ای، اوکلند اتلیتکز<sup>۱</sup> به مدت طولانی حقوق کمی برای بازی در لیگ دریافت می‌کردند. در آن زمان این باور وجود داشت که حقوق پرداختی با عملکرد بازیکنان رابطه مستقیم دارد (پرداخت حقوق بیشتر در برابر بردهای بیشتر). در اوایل هزاره دوم اوکلند اتلیتکز برای ماندن در رقابت و کسب بردهای بیشتر شروع به استفاده از داده‌های ورزشی کردند. رد ساکس بوستون<sup>۲</sup> هم به همین رویه، موفق به کسب بردهای متعددی شد. بعد از گذشت ۸۶ سال بدون کسب قهرمانی، رد ساکس دو بار پیاپی موفق به کسب قهرمانی جهان شد (۲۰۰۷-۲۰۰۴).

با وجود این که این داده‌های آماری به تصمیم‌گیری کمک می‌کنند، چنانچه نتوان آن‌ها را به درستی تحلیل کرد، می‌توانند باعث گمراهی شوند. دلیل این گمراهی می‌تواند نادقیق بودن اندازه‌گیری‌های عملکرد یا تاکید بی‌اندازه سازمان‌ها بر برخی داده‌ها باشد. مثلاً بازی تحسین برانگیز یک بازیکن را در یک بازی تیمی که روند معمولی دارد، در نظر بگیرید. دویدن در مسابقات بیسبال مدت‌ها است که به عنوان پایه اصلی معیار سنجش همکاری بازیکنان بیسبال شناخته شده است. این تفکر توسط روزنامه‌نگار انگلیسی هنری چادویک<sup>۳</sup> در اواسط ۱۸۰۰ به وجود آمد. هدف هنری ایجاد اعتبار برای دوندگان بازی بود (Lewis, 2003). چادویک بیشتر از بیسبال با ورزش کریکت<sup>۴</sup> آشنا بود و سعی کرد با دانش خود از آن بازی آماری جدید برای بیسبال خلق کند. بدین ترتیب چادویک توانست به برخی از نکات ریز آماری در بیسبال پی ببرد.

روش‌های داده‌های ورزشی برای طبقه‌بندی همکاری ورزشکاران و داده‌های ناشناخته به سازمان‌های ورزشی پیشنهاد می‌شوند. در این راستا باید به توضیح مشکلات موجود و معیارهای اندازه‌گیری روش‌ها و نحوه خلق معیارهای<sup>۵</sup> جدید توسط سازمان‌ها پرداخت. با معرفی روش‌های داده‌های ورزشی می‌توانند در زمینه کار گروهی و کشف رفتار حریف موفق‌تر باشند.

به همین دلیل جای تعجب نیست که برخی سازمان‌های ورزشی با حفظ داده‌های حیاتی خود همچنان در صدر جدول هستند. سنت‌های گذشته جهت تصمیم‌گیری بر اساس احساس و شهود هم اکنون قدیمی محسوب می‌شوند و در سال‌های اخیر روش‌های نوین بر اساس آمار و تخمین برای تصمیم‌گیری رواج یافته است. از آن جا که روز به روز به تعداد سازمان‌های ورزشی مجهز به فناوری دیجیتالی افزوده می‌شود در آینده نه چندان

سازمان‌های ورزشی قدرتمند در دنیا حاضر هستند مبالغ هنگفتی صرف یک تصمیم‌گیری کارساز کنند. با این میزان سرمایه‌گذاری، یک تصمیم‌گیری نادرست می‌تواند سازمان را چند سال به گذشته برگرداند. با این توصیفات، به کاربردهای علم داده‌های ورزشی می‌پردازیم.

تاکنون سازمان‌های ورزشی بزرگی بوده‌اند که هیچگاه از داده‌های ورزشی خود استفاده نکرده‌اند. برای این سازمان‌ها گزارش‌های مسابقات و تمامی مکتوبات تنها به منزله رعایت سنت است. سازمان‌های ورزشی تازه تاسیس هم بیشتر به سراغ سرگرمی یا یادگیری بنیادها هستند.

گونه دیگر روابط بر پایه تجارب کارشناسان ورزشی است. مردم زمانی بر این باور بودند که این افراد با کوله بار تجارب خود قادر به اتخاذ بهترین تصمیم هستند. نتیجه حاصل از این روابط معمولاً تا حدی کورکورانه و غیرمنطقی به نظر می‌آمدند. این تصمیمات ممکن است در زمان بازی اخذ شود و یا زمان جایگزینی بازیکنان در بازی توسط مربی اجرا شود.

سومین نوع روابط زمانی است که پیش‌کسوتان گرد هم آمده و سعی در تصمیم‌گیری با استفاده از اطلاعات گذشته دارند. تصمیم‌گیری با استفاده از رابطه سوم می‌تواند باعث بهبود عملکرد بازیکنان و ارتقاء سطح بازی‌ها نسبت به قبل شود.

چهارمین نوع رابطه از زمان تصمیم‌گیری با کمک علم آمار آغاز شد. معیارهای آماری می‌توانند همان شمارش‌ها باشند و یا می‌توانند روش‌های پیچیده‌ای باشند که میزان تلاش تیم را مشخص می‌کنند و با استفاده از داده‌های آماری به بازیکنان تیم با توجه به میزان تلاش در جهت پیشرفت تیم امتیاز داده می‌شود. در سال‌های گذشته با استفاده از تصمیم‌گیری نوع چهارم عملکرد بازیکنان و تیم‌ها تا حد چشمگیری ارتقاء یافته و باعث به وجود آمدن ابزار دقیق اندازه‌گیری شده است.

پنجمین سطح از روابط بین ورزش و داده‌های مرتبط ورزشی، روش‌های داده‌های ورزشی است. داده‌های قابل بازیکن نالایق و داده‌های پرت (نویز) را شناسایی کند. همچنین این روش‌ها قادر هستند بدون کمک پیش‌کسوتان به تصمیم‌گیری بپردازند (Schumaker, 2010).

در بسیاری از سازمان‌های ورزشی پیشرفته که همیشه در مسابقات در صدر جدول هستند، داده‌های ورزشی و ارتباطات ذکر شده در تصمیم‌گیری نقش بسزایی دارند. یکی از مثال‌های قابل ذکر تیم‌های بیسبال هستند که معمولاً مهارت‌های مربیان در کسب مقام تیم بسیار موثر است. این گونه تیم‌ها از داده‌ها استفاده می‌کنند تا بتوانند بهترین چپش برای بازی پیش‌رو را انتخاب کنند.

از مثال‌های دیگر می‌توان به بازی‌هایی اشاره کرد که عملکرد افراد در آن قابل اندازه‌گیری است (به عنوان مثال سنجش پیشرفت عملکرد بازیکن در طول لیگ).

1- Oakland Athletics

2- Red Sox Boston

3- Henry Chadwick

4- cricket

5- metric

دور، مسابقات جدید بر سر الگوریتم‌ها و معیارهای اجرا خواهد بود، به این معنا که تحلیلگر تیم به اندازه بازیکن بازی اهمیت پیدا می‌کند.

## ۲- تاریخچه داده کاوی در ورزش

بین بیلی<sup>۶</sup>، مدیر اوکلند اتلیتکز برای انتخاب ورزشکاران تیم فوق حرفه‌ای خود در مسابقات از سابرمتریک<sup>۷</sup>‌ها استفاده کرد. روی آوردن ورزش به داده کاوی کار یک شبه نبود. این اتفاق طی فرآیندی در چند دهه اتفاق افتاد. پایه‌گذاری در بیسبال در زمان بیل جیمز بود. در ۱۹۷۷ بیل شروع به چاپ ماهانه مقالات شامل چکیده بیسبال نمود. این چکیده‌ها نوعی پرسش از استانداردهای سنتی بیسبال و همچنین مکانی برای بررسی مشکلات موجود بود. او با وجود این که فروش کمی از این چکیده‌ها داشت به کار خود ادامه می‌داد. بیل به چاپ مقالات خود ادامه داد تا جایی که به نوعی رتبه‌بندی آماری دست یافت. او اسم این رتبه‌بندی را سابرمتریک گذاشت. با گذشت زمان خواندن این مقالات افزایش یافت و سابرمتریک به عنوان روشی نوین سر زبان‌ها افتاد.

استفاده از سابرمتریک‌ها با تصمیم‌گیری‌های سنتی متفاوت بود به همین دلیل طرفداران ورزشی و برخی سازمان‌های ورزشی حاضر به قبول این روش‌ها نبودند. با این وجود برخی سابرمتریک‌ها به صورت آزمایشی در تیم فانتزی بیسبال<sup>۸</sup> به کار گرفته شدند، از انتخاب بازیکنان ذخیره گرفته تا مدیریت روزانه سازمان ورزشی. در نهایت استفاده از سابرمتریک‌ها باعث شد تیم فانتزی بیسبال به پیروزی‌های چشمگیری برسد. این پیروزی‌ها منجر به سروصدا بین هواداران ورزشی شد و به طور محلی مورد تبلیغ قرار گرفت. با وجود تمامی پیروزی‌ها و حمایت از سوی طرفداران، سازمان‌های ورزشی همچنان مایل به تصمیم‌گیری از راه‌های سنتی بودند چرا که روش‌های سنتی در آن‌ها ریشه عمیقی دوانده بود (Lewis, ۲۰۰۳).

سابرمتریک شروع به رشد کرد و به ورزش‌های دیگر هم وارد شد و کم‌کم وارد بیسبال حرفه‌ای شد. بین بیلی قصد داشت تیم را قوی‌تر کند و به دنبال راه‌های نوین بود. او از سابرمتریک برای انتخاب بازیکنان ذخیره استفاده کرد و با استفاده از سابرمتریک اوکلند اتلیتکز اوکلند به مدت ۵ سال در صدر جدول قرار گرفت. بین بیلی فهمید که با دقت در انتخاب بازیکنان ذخیره، بازیکنانی که مورد استقبال تیم نبوده و دستمزد کمی دریافت می‌کنند، می‌توانند در راهبرد رقابت با صرف هزینه کمتر پیروز میدان باشند. بین بیلی از سابرمتریک

برای انتخاب بازیکنان استفاده کرد و این در حالی بود که تمرکز رقیبان روی انتخاب بازیکنان از روش‌های سنتی و تناسب اندامشان بود. بیلی از معیارهایی استفاده کرد که به تاثیر خود فرد در بازی اشاره داشت. از میان این معیارها می‌توان به OBP (ON-Base Percentage) اشاره کرد که روشی است که در آن به آمادگی بازیکن برای دریافت توپ توجه می‌شود. در نتیجه بیلی موفق شد با استفاده از این روش تیم خود را به طور کل از دیگر تیم‌های رقیب جدا کند. این بدان معنا بود که بازیکنان مناسب با هزینه کم وارد تیم می‌شدند و به مدت طولانی در تیم باقی می‌ماندند و پس از اتمام قراردادشان یا جذب تیم می‌شدند و یا در بازاری بزرگ‌تر مورد خرید از سوی تیم‌های دیگر قرار می‌گرفتند. در واقع تیم به نوعی سرمایه‌گذاری انجام می‌داد. اقدام بعدی بیلی اعتماد و اتکا به کامپیوتر و الگوریتم برای یافتن استعداد بود و در ادامه، این کار منجر به کشف ستاره‌هایی سرشناس شد. زمانی که سازمان بیلی از سابرمتریک برای انتخاب بازیکنان ذخیره استفاده می‌کرد به نظر می‌رسید هیچ راهی برای پیش‌بینی وجود ندارد. تا به آن زمان بازیکن ذخیره موضوع کم‌اهمیتی به شمار می‌رفت و انتخاب آن به راحتی صورت می‌گرفت. ولی در مقابل بیلی قادر بود که از آمار و الگوریتم برای انتخاب بازیکنان ذخیره استفاده کند. اولین گام بیلی حذف نامزدها با محدوده سنی دبیرستان بود. این کار نشانه بارزی از ترک سنت بود. در روش سنتی بچه‌های دبیرستانی شانس بیشتری برای انتخاب داشتند در حالی که مقایسه بین بازیکنان لیگ و دبیرستانی کار سختی بود و بچه‌های دبیرستانی در صورت ورود به تیم قرار بود مدت طولانی در تیم باشند. در عوض بین روی نامزدهای مشغول در کالج سرمایه‌گذاری کرد. آن‌ها انعطاف‌پذیرتر بودند و در استعدادیابی لیگی بیشتر مورد استقبال قرار می‌گرفتند و مقایسه آن‌ها راحت‌تر بود. بیلی و همکارانش می‌توانستند افراد را انتخاب کرده و با استفاده از سابرمتریک‌ها آن‌ها را رتبه‌دهی کنند. در نتیجه افرادی که رتبه بالاتری داشتند مورد توجه تیم‌های دیگر هم قرار می‌گرفتند. نتیجه این بود که تیم اوکلند هر ساله تیم موفق با کمترین نقدینگی به شمار می‌رفت. رقبا دلیل برد همیشگی این تیم را نمی‌دانستند حتی لیگ اصلی بیسبال که اوضاع اقتصادی را تحلیل می‌کرد، حقوق تیم اوکلند را یک ناهنجاری آماری به شمار آورد (Levin, ۲۰۰۰).

اولیور هم مانند بیلی علاقمند به روش‌های آماری بود و تمرکز خود را بر روی کار گروهی بنا نهاد. او نیز همچون جیمز تفکرات خلاقانه خود را با معرفی معیارهای جدید ارزیابی گروهی در رشته بسکتبال اظهار می‌کرد (Oliver, ۲۰۰۵). او اذعان داشت که تحلیلگران قادرند میزان همکاری گروهی بازیکنان و مشکلات ایجاد شده در حین بازی را تشخیص دهند. در نهایت اولیور و

6- Billy Beane

7- sabermetrics

8- Fantasy Baseball

### ۳- بعد اجتماعی داده کاوی ورزشی

سازمان‌های موفق و مطرح ورزشی تنها برندگان میدان نیستند. طرفداران و هواداران و مشوقان و حتی آماردانان هم می‌توانند سرمایه غیرمادی تیم ورزشی به شمار آیند. طرفداران حاضر در بازی‌ها می‌توانند یک عامل اصلی پیروزی تیمشان باشند. آن‌ها می‌توانند در یک بازی حساس تمرکز را افزایش دهند یا آن را از تیم حریف سلب کنند. همچنین می‌توانند با خرید از محصولات حامی تیم مورد علاقه خود آنان را تشویق به حمایت تیم کنند. جایی که طرفداران تاثیر بسزایی بر بازی خواهند داشت، نگه داشتن طرفداران وفادار تیم می‌تواند یکی از راهبردهای تیم به شمار آید. اگر تیم ببرد طبیعتاً طرفدارانش افزایش پیدا می‌کند و این طرفداران می‌توانند انگیزه تیم برای بردهای بعدی باشند و در ادامه حامی علاقمندان بیشتری برای تیم و سازمان ورزشی مورد علاقه خود باشند.

در کنار علاقمندان ویژه تیم ورزشی در بازی‌های بین‌المللی و جهانی مانند المپیک و جام‌های جهانی، ورزش می‌تواند باعث غرور ملی گردد. این مسابقات باعث افزایش بودجه و گردشگری و همچنین افزایش کسب و کار در کنار بازی‌ها و ترغیب جوانان به سوی ورزش می‌شود. برای درک این موضوع مسابقات فوتبال را در نظر بگیرید. جام جهانی فیفا هر چهار سال یکبار با حضور طرفداران از سراسر جهان برگزار می‌شود. طرفداران پرچم کشور خود را تکان می‌دهند و سرود ملی کشورشان را می‌خوانند و پرچم کشورشان را بر صورت خود نقاشی می‌کنند و فضای موجود در مسابقات را پر از شور ملی می‌کنند.

### ۴- قلمرو بین‌المللی

فوتبال یکی از ورزش‌هایی است که به‌طور همه‌جانبه خود را مجهز به داده کاوی کرده است. بیلی بین که با آوردن سابرمتریک دنیای بیسبال را متحول کرد، سعی داشت آن را با تیم فوتبال سن‌خوزه ارت‌کویک در لیگ اصلی مرتبط کند. مشکل فوتبال در این بود که مانند بیسبال از داده‌های کاملی برخوردار نبود. آمار در فوتبال به اندازه دیگر رشته‌های حرفه‌ای رشد نکرده و این موضوع هیچ خدش‌های در کلیت آن ایجاد نکرده است. اصلی‌ترین دلیل آن هم پیچیده بودن ارزیابی عملکرد بازیکنان در فوتبال است. بین در تلاش بود که سابرمتریک‌هایی با زبان آمار وارد فوتبال کند. زبان آمار به معنای تعداد دفعات حضور بازیکن در بازی، شوت (بازیکن شوت را انجام می‌دهد یا در شوت کردن کمک کرده) کنترل توپ و برد در ۹۰ دقیقه بازی است (Donegan, ۲۰۰۸).

آنتولی زلنتسف برای تیم اوکراینی دینامو کیف برنامه کامپیوتری را تهیه کرده بود که نه تنها بازیکنان را انتخاب می‌کرد بلکه

جیمز هر دو توسط تیم‌های بزرگ ورزشی به‌عنوان مشاور جذب شدند و در تیم‌های سیاتل سوپرسونیکس و بوستن رد ساکس تحلیل را در ورزش پایه‌ریزی کردند.

در ادامه انقلاب روش‌های اندازه‌گیری و ارزش‌گذاری، داده کاوی به سرعت به‌عنوان هسته تصمیم‌گیری وارد صحنه شد. بسیاری از رشته‌های ورزشی نگاهی جدی به داده کاوی به‌عنوان نردبان موفقیت داشتند. دومین مثال از به‌کارگیری داده کاوی مشاوران ورزشی لاس وگاس بودند که برای کنترل شرط‌بندی بر سر مسابقات ورزشی و جلوگیری از تخلف، از داده کاوی استفاده می‌کردند. آن‌ها نه تنها برای کشف تخلف بلکه برای بررسی دقیق بازی‌ها و مقایسه آن با بازی‌های قبلی به داده کاوی روی آوردند.

هر ساله سازمان لیگ ملی فوتبال مسابقات نمایشی برگزار می‌کند تا بازیکنان شایسته، قدرت فیزیکی خود را در مقابل پیشکسوتان و مربیان به نمایش بگذارند. در کنار این، ظرفیت هوش افراد نیز تخمین زده می‌شود. برای مثال دروازه‌بانان باید از <sup>۹</sup>Ws بالایی برخوردار باشند.

ورزش‌های حرفه‌ای بازاری بزرگ دارند. حضور طرفداران شاه‌کلید ماجرا است. با حمایت طرفداران، یک تیم به بردهای متعدد می‌رسد و در نهایت تیم قادر است قراردادهای مالی کلانی به منظور تبلیغات در رسانه‌های عمومی و دیگر فرصت‌ها داشته باشد.

در ادامه چند نمونه از پژوهش‌های اخیر در به‌کارگیری داده کاوی در حوزه ورزش مطرح می‌شود. لیاو و همکارانش در سال ۲۰۰۹ از الگوریتم‌های داده کاوی خوشه‌بندی<sup>۱۰</sup> و استخراج قوانین انجمنی<sup>۱۱</sup> استفاده نموده و دانش مشتریان را از مجموعه داده استخراج نمودند. نتایج این تحقیقات به‌صورت الگوهای دانش، قوانین و نقشه‌هایی برای توصیه و ارایه راه حل در اختیار شرکت آدیداس قرار گرفت. این اطلاعات به منظور افزایش فروش و بازاریابی ورزشی مورد استفاده قرار گرفت (Liao, ۲۰۰۹). بازاریابی ورزشی یک فعالیت تجاری است، جداسازی دقیق مشتریان و بازار باید هر از چند گاهی صورت پذیرد. این کار به تحلیل مشتریان ورزشی و بازار ورزشی کمک می‌کند.

لیونگ و همکارش از داده کاوی برای پیش‌بینی نتایج بازی فوتبال استفاده کرده‌اند (Leung, ۲۰۱۴). فری نیز بر اساس داده‌های جغرافیایی با استفاده از روش‌های داده کاوی نوع فعالیت ورزشی را پیش‌بینی می‌کند (Ferri, ۲۰۱۶). این فناوری هم اکنون در دستبندهایی هوشمند سلامتی، گوشی‌های تلفن همراه هوشمند و ساعت‌های هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

9- Wonderlic scores

10- clustering

11- association rules

در این آمار، بازی یک بازیکن معمولی با توجه به محل او در بازی مدل شده و با بازی بازیکن خاصی مقایسه می‌شود. با این کار اطلاعاتی به دست می‌آید که می‌توان با آن‌ها بازی تیم را شبیه‌سازی کرد. این اطلاعات حتی می‌تواند در تشخیص مسئولیت‌پذیری و شایستگی یک بازیکن در بازی تاثیر گذار باشد (CricketAnalysis.com, ۲۰۰۹).

ورزش کریکت هم در سال‌های اخیر با استفاده از ابزار داده‌کاوی ورزشی به موفقیت‌هایی دست یافته است. در مطالعاتی مشخص شد که ترکیب چپ و راست یک حرکت و دوی سریع به برد کمک می‌کنند (Allsopp, ۲۰۰۴). تعویض دست چپ و راست در بازی، تیم مقابل را گمراه کرده و باعث کند شدن روند حرکت بازیکنان تیم مقابل می‌شود. دو فاکتور ذکر شده علاوه بر برد به تاثیرگذاری تیم نیز کمک می‌کند.

هاکی یکی دیگر از ورزش‌هایی است که به تحقیقات سابرمتریک کمک کرده است. بسیاری از تحلیلگران حرفه‌ای در تلاش برای یافتن راهی جهت استفاده از سابرمتریک در ورزش‌های دیگر بودند. فیل بیرنهام<sup>۱۳</sup> نمونه‌ای از این افراد است که در ورزش‌های کریکت و هاکی فعالیت داشته است. برخی آماردانان مانند داریل شیلیگ سعی کردند با دانش خود گریزی به ورزش بزنند اما موفق نشدند (Shilling, ۲۰۰۵).

برخی از ورزش‌ها مانند بیسبال در تحلیل داده‌ها پیشرو هستند و ورزش‌های دیگر که با درآمد بالا مدیریت می‌شوند هم در تصمیم‌گیری از علوم جدید بهره می‌برند. یکی از نقدهای قابل توجه در بیسبال از سوی گزارشگر مسابقات جو مورگان است. جو معتقد است که بازی پرشور یک بازیکن به همراه بازی سرشار از هیاهو، تاثیرگذارتر خواهد بود نه بازی‌ای که سابرمتریک‌ها عملکرد آن را اندازه‌گیری می‌کنند.

## ۵- راهکارهای داده‌کاوی ورزشی

داده‌کاوی امکان بررسی و فهم بهتر داده‌های در دست را فراهم می‌کند. برای این کار از روش‌هایی مانند رگرسیون، خوشه‌بندی یا دیگر روش‌ها استفاده می‌کنیم (Data Mining Software, ۲۰۰۹). برخی از داده‌ها سازماندهی شده‌اند و در پایگاه داده یا لیست‌های آماری قرار دارند و برخی دیگر از نوع داده‌های سازمان نیافته هستند که از طریق رسانه‌های عمومی یا گزارش‌ها به دست می‌آیند (Davenport, ۱۹۹۸).

رگرسیون سعی دارد داده‌هایی که به صورت نقطه در فضای مسئله قرار گرفته‌اند را با یک خط یا منحنی توصیف کند. داده‌ها و ویژگی‌ها ممکن است به صورت مستقل یا وابسته به هم باشند. بیشتر اوقات این تحلیل برای پیش‌بینی استفاده می‌شود. تخمین متغیرهای مستقل می‌تواند از

بازی‌های انجام شده را هم تحلیل می‌کرد. تیم دیناموکیف با این کار موفق به دریافت جام فوتبال اتحادیه اروپا<sup>۱۲</sup> در سال‌های ۱۹۷۵ و ۱۹۸۶ در کنار جوایز سالانه روسیه در دو دهه ۷۰ و ۸۰ شد. بازیکنان برای انتخاب در این تیم می‌بایست مورد ارزیابی در آزمایش‌های عصبی، استقامت، حافظه و واکنش و همکاری قرار می‌گرفتند. در آزمایش عصب صفحه‌ای با یک خط عمودی و ۱۰ نقطه متحرک با سرعت‌های متفاوت نمایش داده می‌شد و فرد در بازی می‌بایست هر جا نقاط با خط تماس پیدا می‌کنند را کلیک کند. این بازی بر اساس تئوری زلنتسف بود که اگر قسمتی را اشتباه کنی تا آخر بازی بد عمل خواهی کرد.

در آزمون مقاومت بازیکن می‌بایست نقطه‌ای را تا حد امکان کلیک کند تا به حداکثر سرعت تایپ برسد و زمانی که به آن رسید مورد پرسش قرار می‌گیرد و همچنان باید حداکثر سرعت خود را حفظ کند (به مدت ۴۰ ثانیه).

در آزمون حافظه ۹ عدد زیر ۱۰۰ روی صفحه نمایش داده می‌شود و بازیکن باید اعداد و مکان آن‌ها را به خاطر بسپارد. در آن زمان این باور وجود داشت که بازیکن با حافظه بهتر عملکرد بهتری در بازی خواهد داشت چرا که قادر است جایگاه دیگران را در طول بازی به خاطر بسپارد.

در آزمون واکنش صفحه نمایش به سرعت سفید می‌شود و بازیکن باید هر چه سریع‌تر صفحه سفید را کلیک می‌کرد و در آزمون همکاری، مجموعه‌ای شلوغ از نقاط متحرک را نمایش می‌دهند و از بازیکن خواسته می‌شود مسیر حرکت نقطه خاصی را به صورت بازگشتی بپیماید (Kuper, ۲۰۰۶).

در نهایت به بازیکن منتخب نقشه بازی داده می‌شود. نکته مهم این است که این نقشه دارای فراز و نشیب‌های فراوان است و قلمروی بازیکن میان این فراز و نشیب‌ها مستتر است و بازیکن باید قادر باشد آن مناطق را پیدا کند و در آن‌ها بازی کند. این کار موجب می‌شود بازیکن بدون توجه به دیگر بازیکنان و به تنهایی طبق نقشه پیش برود.

جان بوچانان مربی تیم ملی استرالیا در سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۷ و مربی تیمی در لیگ هندوستان از آمار استفاده نمود. به گفته بوچانان آمار و داده‌ها نادیده گرفته شده‌اند و قوانین و نیازها تغییر کرده‌اند و به عقیده او اولاً بهتر است به جای استفاده از داده‌های تاریخی کریکت از ابزار اندازه‌گیری دقیق‌تر استفاده شود تا نتایج بهتری به دست آید. و دوم در حین خلق این ابزار، برد یک تیم، محور اصلی تفکر باشد نه تنها کارکرد لحظه‌ای آن (Ball, ۲۰۰۸). در نهایت این تلاش‌ها منجر به خلق سابرمتریک‌های جدید برای کریکت شد. در این رابطه می‌توان به آماری مانند بردهای مرتبط (Wins Magical) که در بیسبال آغاز شد و بعد به کریکت راه یافت اشاره کرد.

13-Phil Birnbaum

12-Union of European Football(Uefa)

داده‌های تیم‌های رقیب در لیگ‌ها را که عملکرد ناموفقی داشته و از بین رفته‌اند نیز بررسی می‌کرد (Basketball, ۲۰۱۷). همانند سایر متریک‌ها در بیسبال، APBR هم معیارهای خود را توسعه داده است.

مرکز تحقیقات حرفه‌ای فوتبال<sup>۱۶</sup> در سال ۱۹۷۹ با هدف حفظ و بازسازی تاریخی بازی‌ها و رویدادهای ورزشی شروع به کار کرد (Football, ۲۰۱۷). این مرکز ماهانه مقالاتی منتشر می‌کند. از جمله این مقالات می‌توان به بررسی روش‌های جدید اندازه‌گیری عملکرد بازیکنان اشاره کرد.

انجمن جهانی علمی کامپیوتر در ورزش<sup>۱۷</sup> در سال ۱۹۹۷ برای کمک در بهبود گردآوری تحقیقات انجام شده در سراسر جهان به وجود آمد و در آن محققان علاقمند به این حوزه قادر بودند در کاوش‌های جدید ورزشی با به‌کارگیری فناوری و کامپیوتر بر صحنه حاضر شوند (Computer, ۲۰۱۷). این انجمن تمرکز اصلی خود را بر انتشار تحقیقاتش با اعضای خود از طریق روزنامه، مجله‌ها و همایش‌های سالانه بنا نهاد.

انجمن جهانی اطلاعات ورزشی<sup>۱۸</sup> در سال ۱۹۶۰ به منظور یکپارچه‌سازی و راه‌اندازی کتابخانه‌های استاندارد ورزشی احداث شد (Sports, ۲۰۱۷). این انجمن در واقع شبکه‌ای وسیع از متخصصان ورزشی و کتابخانه‌های ورزشی است. این انجمن دستاوردهای خود را هر سه ماه در اختیار عموم قرار می‌دهد و هر ۴ سال گردهمایی بزرگی را تدارک می‌بیند.

بعد از مرحله گردآوری داده‌های مرتبط ورزشی، به مرحله پردازش داده‌ها به منظور استخراج داده‌ها می‌رسیم. در این مرحله تحلیل‌های مختلفی برای به‌کارگیری بر داده‌های کامل و انبوه و یا داده‌های ناقص مانند داده‌های رشته ورزشی کرلینگ وجود دارند. با وجود این که روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری در رشته‌های ورزشی مختلف متفاوت است اما قاعده پشت اعداد، بین ورزش‌های مختلف تغییر نمی‌کند. برخی روش‌های تحلیلی‌ها قادرند عملکرد بازیکن، نتیجه بازی، نقاط ضعف تیم حریف و حتی تاثیر ضعف حاصل از مصدومیت را تخمین بزنند.

## ۷- جمع بندی

با معرفی روش‌های نوین امروزه شاهد استفاده از ابزار و معیارهای جدید در تمامی رشته‌های ورزشی هستیم. در برخی از کشورها استفاده از سایر متریک‌ها برای طرفداران و باشگاه‌های ورزشی امری عادی به شمار می‌آید و استفاده از آمار و احتمال در اندازه‌گیری عملکرد بازیکنان و درک تیم از همکاری و احتمال

طریق متغیرهای وابسته انجام پذیرد. در خوشه‌بندی به دنبال مرزبندی داده‌ها در مجموعه‌های متفاوت بر اساس ویژگی‌های آن هستیم. روش‌های یادگیری ماشین نیز برای استخراج اطلاعات از الگوریتم‌های یادگیری استفاده می‌کنند (DataSoftSystems, ۲۰۰۹, Chen, ۲۰۰۴). این الگوریتم‌ها شامل روش‌های یادگیری با ناظر و بدون ناظر هستند مانند شبکه‌های عصبی، یادگیری بیزی و غیره. با این روش‌ها می‌توان به الگوهای ناشناخته در داده دست پیدا کرد و درک بهتری از مجموعه داده‌ها به دست آورد.

## ۶- منابع داده در ورزش

در گذشته اطلاعات ورزشی در بایگانی سازمان‌های ورزشی یا لیگ‌ها به دلایل تاریخی ثبت و نگهداری می‌شد. بعدها این داده‌ها به فرم فشرده برای نگاهی کوتاه به رویداد ورزشی در روزنامه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. با پیشرفت اینترنت، امکان انتقال داده‌ها به راحتی صورت گرفت و آگاهی از رویدادهای ورزشی کار بدون دردسر برای همگان شد.

داده‌های ورزشی می‌توانند از منابع متعددی تهیه شوند. رایج‌ترین آن‌ها که توسط آماردان سازمان ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد رکوردهای تیمی و فردی بازیکنان در اجرای حرکات است. از آنجا که سازمان‌های ورزشی به دنبال فاش کردن اطلاعات خود نیستند، جوامع ورزشی جای خالی را با تولید منابع داده برای طرفداران ورزشی و حتی خود سازمان‌ها پر کرده‌اند. این فرآیند منجر به به وجود آمدن شبکه‌ای غنی از داده‌های ورزشی برای سازمان‌های ورزشی و انجمن‌های تخصصی ورزشی شده است.

بسیاری از انجمن‌های ورزشی حرفه‌ای داده‌های ورزشی را رایج می‌دهند. بیشتر این انجمن‌ها قادرند که داده‌های مرتبط ورزشی را انتخاب، ارزیابی و منتشر کنند. در ادامه به معرفی برخی از این انجمن‌ها می‌پردازیم.

انجمن تحقیقات بیسبال آمریکا<sup>۱۴</sup> در سال ۱۹۷۱ شکل گرفت (۲۰۱۷). ماموریت آن یافتن راهی است برای ذخیره داده‌های ورزشی که در رکوردهای بازی نیست و در عین حال قابل فهم و جذاب است. این واحد تحقیقات خود را هر سه ماه منتشر می‌کند و نکات کلیدی کار خود را در کنگره‌های سالانه انجمن SABR رونمایی می‌کند (Birnbaum, ۲۰۱۷).

برای بسکتبال هم همچون بیسبال مرکز تحقیقات حرفه‌ای آن<sup>۱۵</sup> با هدف بررسی دقیق بسکتبال از گذشته تاکنون در سال ۱۹۹۷ پایه‌گذاری شد (Soliman, ۲۰۰۶). زمانی که APBR بیشتر انرژی خود را برای داده‌ها و آمارهای NBA مصرف می‌کرد،

16- Association Researchers Football Professional (PFRA)

17- Sport in Science Computer on Association International (IACSS)

18- Information Sports for ociationAss International (IASI)

14- Society for the American Research Baseball (SABR)

15- Research Basketball Professional for Association (APBR)

- 4- (Basketball, 2017) The Association for Professional Basketball Research, <http://apbr.org>, access date: 3/13/2017.
- 5- (Birnbbaum, 2017) Birnbbaum, P., Sabermetrics, <http://philbirnbbaum.com>, access date: 3/13/2017.
- 6- (Chen, 2004) Chen, H., Chau, M., Web Mining: Machine Learning for Web Applications, Annual Review of Science and Informatics Technology, 238, pp. 279-329, 2004.
- 7- (Computer, 2017) International Association on Computer Science in Sport, IACSS-Objectives, [http://www.iacss.org/iacss\\_obj.html](http://www.iacss.org/iacss_obj.html), access date: 3/13/2017.
- 8- (CricketAnalysis, 2017) Marginal Wins per Player in ODI Cricket, <http://cricketanalysis.com/marginal-wins-per-player-in-odi-cricket>, access date: 3/13/2017.
- 9- (DataMining, 2017) A Brief History of Data Mining, [http://www.data-mining-software.com/data\\_mining\\_history.htm](http://www.data-mining-software.com/data_mining_history.htm), access date: 3/13/2017.
- 10- (DataSoftSystems, 2017) Data Mining-History and Influences, <http://www.datasoftsystem.com/srticles-1380.htm>, access date: 3/13/2017.
- 11-(Davenport, 1998) Davenport, T., Prusak, L., Working Knowledge, Harvard School Press, Cambridge, 1998.
- 12-(Donegan, 2008) Donegan, L., Tottenham Net Role in Revolution as Beane Pitches Success on a Budget, The Guardian, London, 2008.
- 13-(Ferri, 2016) Ferri, C., Identifying the Sport Activity of GPS Tracks, Procedia Computer Science, 80, pp. 301-312, 2016.
- 14- (Football, 2017) Professional Football Researchers Association, <http://www.profootballresearchers.org/index.htm>, access date: 3/13/2017.
- 15- (Kaggle, 2017) <https://www.kaggle.com/open-source-sports/mens-professional-basketball>, access date: 3/13/2017.
- (Kupper, 2006) Soccer Against the Enemy, Nation Books, New York, 2006.
- 16- (Liao, 2009) Liao, S., Chen, J., Hsu, T., Ontology-based data mining approach implemented for sport marketing, Expert Systems with Applications, 36, pp. 11045-11056, 2009.
- 17-(Leung, 2014) Leung, C., Joseph, K.W., Sport Data Mining: Predicting Results for the College Football Games, Procedia Computer Science, 35, pp. 710-719, 2014.
- 18-(Levin, 2000) Levin, R., Mitchell, G., The Report of the Independent Members of the Commissioner's Blue Ribbon Panel on Baseball Economics, Major League Baseball.
- 19-(Lewis, 2003) Lewis, M., Moneyball. W. W. Norton & Company, New York, 2003.
- 20-(Oliver, 2005) Oliver, D., Basketball on Paper: Rules and Tools for Performance Analysis, Brassey's Inc., Dulles, VA, 2005.
- 21-(Schumaker, 2010) Schumaker, R.P., Sports Data Mining, Integrated Series in Information Systems, 26, Springer Science+ Business Media, LLC, 2010.
- 22-(Shilling, 2005) Shilling, D., 2005, Hockey Project Rating, [http://web.archive.org/web/20051222110731/http://members.shaw.ca/hbtpn/player\\_study/hpr.htm](http://web.archive.org/web/20051222110731/http://members.shaw.ca/hbtpn/player_study/hpr.htm).
- 23-(SABR, 2017) Society for American Baseball Research, <http://www.sabr.org/sabr.cfm?a=cms,c,110,39,156>, access date: 3/13/2017.
- 24-(Soleiman, 2006) Soleiman, O., Data Mining in Sports: A Research Overview, Dept. of Management Information Systems, The University of Arizona, Tucson.
- 25-(Sport, 2017) International Association for Sports Information, About IASA, <http://www.iasi.org/about/index.html>, access date: 3/13/2017.

وقوع مصدومیت و از طرف دیگر کشف کشش موجود در تیم مرسوم است. برخی کشورها نیز به فکر رشد و به کارگیری این ابزارها هستند.

در سالیان اخیر داده کاوی ورزشی با موانع و مشکلات زیادی همراه بوده است. یکی از ملموس ترین و رایج ترین این موانع وجود افراد با طرز فکر سنتی در سازمان های ورزشی بوده است. امروزه داده کاوی محور اصلی تصمیم گیری است. البته ممکن است با استفاده از این علم نو هم بسیاری از فرصت ها نادیده گرفته شوند. به طور کل داده کاوی ورزشی به بلوغ خود نرسیده است و در مرحله بعد توسعه داده کاوی، به ابزارهای دقیق تری نیاز داریم.

مسئله دیگر این است که بسیاری از سازمان های ورزشی از داده کاوی به عنوان رکن اصلی تصمیم گیری استفاده نمی کنند چرا که آن را درک نمی کنند. دومین دسته از مسایل در رابطه با سازمان های ورزشی ای است که داده کاوی ورزشی را دریافته اند و از مزیت رقابتی آن با خبر هستند. مشکل این سازمان ها این است که حاضر نیستند آموخته های خود و روش های مورد استفاده خود را با دیگر سودبران (ذی نفعان) خارج از سازمان در میان بگذارند.

داده کاوی ورزشی برای بسیاری از سازمان های ورزشی امتیاز محسوب می شود و این سازمان ها به دنبال استفاده هر چه بیشتر از این علم نو هستند. از جمله افرادی که با داده کاوی ورزشی سر و کار دارند می توان از مدیران عملیاتی در سازمان های ورزشی پیشرفته نام برد که با استفاده از داده کاوی ورزشی می توانند داده های ورزشی گردآوری شده در سازمان را تحلیل کنند.

استادان دانشگاه ها در رشته های ورزشی هم می توانند مفاهیم و نحوه به کارگیری علم داده کاوی را به دانشجویان خود تعلیم دهند. دسته سوم هم مربیان تیم های ورزشی هستند که با استفاده از روش های داده کاوی ورزشی می توانند بازیکنان تیم را بهتر مورد تحلیل قرار دهند و نقاط ضعف و قدرت آنان را دریابند.

با توجه به تحقیقاتی که در چند سال اخیر رونق گرفته است، جای امیدواری است که در سال های پیش رو شاهد هر چه بیشتر به کارگیری روش های مدرن داده کاوی در تحلیل بازی ها، پیش بینی بازی ها و همچنین بازاریابی ورزشی باشیم.

## ۷- مراجع

- 1- (Allsopp, 2004) Allsopp, P., Clarke, S., Rating Teams and analyzing Outcomes in One-Day and Test Cricket, Journal of the Royal Statistical Society: Series A, pp. 157-167, 2004.
- 2- (Arizona, 2017) <https://ai.arizona.edu/research/sports-data-mining>, access date: 3/13/2017.
- 3- (Ball, 2008) Ball, A., Winning by Numbers, The Guardian, London, 2008.

# بن‌انگاره معماری الگوریتمیک و جعبه ابزار آزادی بیان، در عصر انقلاب رقمی از چرتکه تا استارت آپ

سید ابراهیم ابطاحی

استادیار دانشکده مهندسی کامپیوتر - دانشگاه صنعتی شریف

پست الکترونیکی: abtahi@sharif.edu

## مقدمه

اطلاعاتی است که آن چیزها هم در نهایت فقط نشانه‌های چیزهای دیگرند. امر واقعی پنهان می‌ماند. دیگر کسی قادر به دیدنش نیست.

این مقدمه را در توجیه ناهمگونی ظاهری عناوین و محتوای کتاب‌هایی است که در این شماره به شما معرفی می‌کنیم، هر چند از منظر بین‌رشتگی، پسا رشتگی و فرارشتگی، پیوند عنوانی و مضمونی این کتاب‌ها با یکدیگر آشکار و موجه است.

پتر زومتور<sup>۱</sup> متفکر معاصر در کتاب خواندنی معماری اندیشی<sup>۲</sup> می‌نویسد: اهل عمل می‌گویند: «هر چیزی امکان پذیر است». رابرت ونتوری<sup>۳</sup> معمار می‌گوید: «آنچه هست، تقریباً رضایت بخش است» آن‌هایی که از مصائب روزگار ما، در رنجند، می‌گویند: «دیگر امکان هیچ کاری نیست». این گفته‌ها نشانه نظرات متناقضند. اگر نگوئیم نشان‌گر واقعیت‌های متناقض. به نظر می‌رسد که ما عادت می‌کنیم با تناقض‌ها زندگی کنیم و دلایلی هم برای این امر وجود دارد. سنت‌ها و هویت‌های فرهنگی، یکی پس از دیگری فرو می‌پاشند. اقتصاد و سیاست جریان پرشتابی را پدید می‌آورند که گوئی هیچکس قادر به فهم و مهار آن نیست. همه چیز در هم ادغام می‌شود و نظام‌های ارتباط جمعی، جهانی مصنوعی از نشانه‌ها را پدید می‌آورند. دلبخواهی بودن غالب می‌شود.

شاید بتوان زندگی پسا مدرن را وضعیتی دانست که در آن، هر آنچه از زندگی‌نامه فردی ما فراتر می‌رود، مبهم، نامشخص و به‌گونه‌ای غیرواقعی به نظر می‌رسد. جهان پسا مدرن پر از نشانه‌ها و

1-Peter Zumthor

۲- پتر زومتور، معماری اندیشی، ترجمه: علیرضا شلویری، انتشارات حرفه هنرمند، ۱۳۹۴.

3-Robert Venturi

عنوان کتاب: از چرتکه تا انقلاب دیجیتال:  
الگوریتم‌ها و انفورماتیک  
نویسنده: ویسنس تورّا  
مترجم: کتابون مهرآبادی  
ناشر: مبتکران  
زمان نشر: ۱۳۹۶.  
تعداد صفحات: ۱۴۴ برگ.  
شمارگان: ۱۲۰۰ نسخه.  
شابک: ۹۷۸ - ۹۶۴ - ۰۷ - ۲۶۵۹ - ۴  
قیمت: ۹۰۰۰ تومان



## مقدمه

در پیشگفتار مترجم کتاب آمده است: «این کتاب ترجمه‌ای است از اثری در حوزه تاریخ انفورماتیک، از مجموعه دنیای ریاضیاتی<sup>۴</sup> که البته به گونه‌ای تاریخ ریاضیات نیز به شمار می‌آید. نویسنده کتاب برای به نوشتار در آوردن تاریخ انفورماتیک و رایانش، به‌طور منطقی از پیدایش ریاضیات، یعنی پیدایش عددها و شمارش، آغاز کرده و با تمرکز بر تاریخ پیدایش و تکامل روش‌های محاسبه و الگوریتم‌ها، پس از رسیدن به نخستین ابزارهای محاسبه، مسیر تاریخ‌نویسی‌اش را در این میدان پیش برده است. همین ویژگی این کتاب را برای آنان که به دنبال تاریخچه‌ای سره برای دانش رایانش و رایانه‌ها هستند، سودمند می‌سازد».

نویسنده در پیشگفتار کتاب نوشته است: «این کتاب تاریخ الگوریتم‌ها و رایانش را نقل می‌کند و نیز موضوعاتی را شرح می‌دهد که ارتباط زیادی با محاسبه و ابزارهای آن داشته‌اند، از استخوان‌های شمارش پیش از تاریخ تا رایانه‌هایی که بر دنیای امروزی ما چیره شده‌اند. این ماجرا داستانی زیبا و در عین حال روشن‌گر است زیرا بر چیزهایی انگشت می‌گذارد که امروز ما را ساخته‌اند و می‌گوید که چگونه و چرا به گونه‌ای که امروز هستند، در آمده‌اند».

## محتوای کتاب

کتاب دارای دو پیشگفتار مترجم و نویسنده و پنج فصل مطلب است. عناوین فصل‌های کتاب به شرح زیر است:

فصل اول: نخستین سده‌های رایانش، عددنویسی ارزش مکانی.

فصل دوم: اروپای سده‌های میانه.

فصل سوم: نخستین ابزارهای مکانیکی مصاحبه.

فصل چهارم: هاروارد در سده بیستم.

فصل پنجم: برنامه‌نویسی و نرم‌افزار.

## عنوان کتاب: پارادایم معماری الگوریتمیک

نویسنده: زوبین خبازی

ناشر: کتابکده کسری

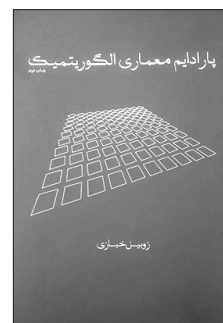
زمان نشر: چاپ دوم ۱۳۹۲.

تعداد صفحات: ۱۷۶ برگ.

شمارگان: ۱۵۰۰ نسخه.

شابک: ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۶۵۰۹ - ۰۵ - ۱

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان



## مقدمه

در پیشگفتار کتاب باعنوان پارادایم معماری الگوریتمیک نویسنده

4-MONDO MATEMATICO

کتاب نوشته است: «مدتهاست که شاهد حضور نمونه‌هایی از پروژه‌های معماری هستیم که باعنوان‌های سبکی دهه‌های پیش نمی‌توانیم آن‌ها را دسته‌بندی و شناسایی کنیم. این پروژه‌ها را که با عناوینی همچون معماری پارامتریک و الگوریتمیک می‌شناسیم از فرآیندهای جدید در طراحی معماری سرچشمه می‌گیرند که به‌نظر می‌رسد نقش کامپیوتر در آن‌ها بسیار پر رنگ بوده و فراتر از ابزار خودنمایی می‌کند. در واقع این فرآیندها مفهوم computation به‌عنوان ساختار اصلی فعالیت‌های کامپیوتر را به خدمت گرفته‌اند تا به تولید پروژه‌های معماری بپردازند. آنچه امروز و در پروژه‌های روز معماری دنیا مشاهده می‌شود به خدمت گرفتن computation از طریق الگوریتم‌ها و کدها و برنامه‌هاست. معماری حاصل این روند از آنجا که در فرایند تولید خود به آیت‌ها و پارامترهای متنوعی وابسته است به‌عنوان محصول می‌تواند پارامترهای متعدد محیطی، تاریخی، اقلیمی، فرهنگی و ... را در خود جای داده و در مسیری الگوریتمیک (و با کنترل و هدایت طراح) به آن‌ها پاسخ دهد. در مجموع این فرآیند، تغییرات متعددی در نحوه نگرش معماران به طراحی فضا، در پارامترهای موثر بر طرح، در تکنولوژی ساخت، در ابزارها و در کل در روش طراحی اعمال کرده است که باعث شده تا از دوران جدیدی از طراحی معماری تحت عنوان طراحی الگوریتمیک و معماری پارامتریک صحبت شود ... این مجموعه نوشتار حاصل پژوهش، نگارش و کارگاه‌های آموزشی نگارنده در سه سال اخیر در دانشگاه‌های داخلی و خارجی و در استودیو پژوهشی morphogenesis بوده است. این استودیو پژوهشی بر تولید دانش و پژوهش در خصوص فرآیندهای نوین طراحی، معماری دیجیتال، فرآیندهای طراحی و ساخت دیجیتال و مفاهیم و کانسپت‌های رایانش و تلفیق آن با طراحی معماری و تولید سیستم‌های نوین ساختمانی در همین عرصه‌ها تمرکز کرده است».

## محتوای کتاب

کتاب دارای پیشگفتار و هفت گفتار است. عناوین گفتارهای کتاب به شرح زیر است:

گفتار یکم: بروز فرآیندهای طراحی الگوریتمیک.

گفتار دوم: معماری الگوریتمیک و فرآیند ساخت دیجیتال.

گفتار سوم: الگوریتم‌های مولد.

گفتار چهارم: طراحی الگوریتمیک و نقد الگوریتمیک.

گفتار پنجم: معماری الگوریتمیک و مسئله نوآوری.

گفتار ششم: چشم‌انداز: آینده معماری الگوریتمیک.

گفتار هفتم: کلید واژگان.



**عنوان کتاب:** جعبه ابزار آزادی بیان.  
**مترجمان:** رضا رضازاده و رضا کاظمی فر  
**ویراستار:** حسن سلطانی  
**ناشر:** سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی  
**ملل متحد (یونسکو)**  
**زمان نشر:** ۱۳۹۵.  
**تعداد صفحات:** ۱۰۴ برگ.  
**شمارگان:** ۷۵۰ نسخه.  
**شابک:** ۹۷۸ - ۹۶۴ - ۲۱۴ - ۱۲۶ - ۵  
**قیمت:** ۸۵۰۰ تومان



**عنوان کتاب:** چگونه در عصر دیجیتال  
**عقب نمایم**  
**نویسنده:** تام چتفیلد  
**مترجم:** ندا شاد نظر  
**ناشر:** نشر هنوز  
**زمان نشر:** ۱۳۹۲  
**تعداد صفحات:** ۱۹۵ برگ  
**شمارگان:** ۱۰۰۰ نسخه  
**شابک:** ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۶۰۴۷ - ۱۶ - ۴  
**قیمت:** ۱۱۰۰۰ تومان

### مقدمه

در مقدمه کتاب آمده است: جعبه ابزار آزادی بیان، سهم و مشارکت یونسکو در موضوع آزادی بیان است و به قصد استفاده دانشجویان و دانش‌آموزان دبیرستانی و یا سطوح بالاتر تدوین شده است ... به‌طور کلی، جعبه ابزار شامل چهار جزء می‌شود: فهم تعاریف، مفاهیم و مسائل آزادی بیان. فهم مخاطرات آزادی بیان. فهم شرایط مناسب برای ترویج و پیشرفت آزادی بیان. شناختن نقش فرد در ترویج و دفاع از آزادی بیان با انجام فعالیت‌های عملی.

### محتوای کتاب

کتاب دارای مقدمه، هفت جعبه ابزار و یک مطالعه موردی است. عناوین جعبه ابزارهای کتاب به شرح زیر است  
**جعبه ابزار ۱:** آزادی بیان چیست و چرا مهم است؟  
**جعبه ابزار ۲:** چه زمانی آزادی بیان به مخاطره می‌افتد؟  
**جعبه ابزار ۳:** شرایط مورد نیاز برای شکوفائی آزادی بیان کدامند؟  
**جعبه ابزار ۴:** نقش ویژه روزنامه‌نگاری و روزنامه‌نگاران در آزادی بیان.

**جعبه ابزار ۵:** وضع آزادی بیان برخط (آنلاین) چگونه است؟  
**جعبه ابزار ۶:** نقش‌تان را ایفا کنید. گسترش، دفاع و نظارت بر آزادی بیان.  
**جعبه ابزار ۷:** من می‌توانم هر چه می‌خواهم بگویم زیرا حق آزادی بیان من است.

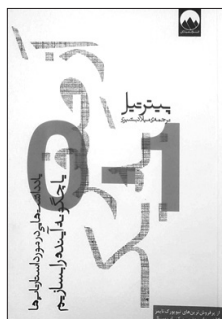
### مقدمه

در پیشگفتار کتاب آمده است: «این کتاب، این موضوع را بررسی می‌کند که چطور همه ما در دنیای دیجیتال زندگی و پیشرفت کنیم... چطور عمیق زندگی کنیم و امکانات زمانه مان را کشف کنیم. کشف این امکانات، مانند کشف شهر یا قاره‌ای جدید است. ما در حال ورود به مکانی هستیم که در آن، ماهیت انسان‌ها ثابت باقی می‌ماند. اما ساختارهایی که این مکان را تشکیل می‌دهد، با ماهیت انسان‌ها سازگار نیست. دنیای دیجیتال امروزی، ایده یا مجموعه‌ای ابزار نیست. آن چه باعث فراغت یا لذت انسان‌ها می‌شود، فراتر از دستگاه‌های دیجیتالی مدرن است. از آن جایی که تعداد انسان‌ها روز به روز افزایش می‌یابد، دنیای دیجیتال، دریچه‌ای است رو به مکانی که در آن، تفریح و کار، به یک اندازه در زندگی انسان‌ها وجود دارد... بعد ما به کشف یکی از اساسی‌ترین موضوعات دنیای فناوری می‌پردازیم: این که چطور می‌توانیم به همان اندازه که از فناوری استقبال می‌کنیم، در صورت لزوم، مانع ورود آن به زندگی‌مان شویم و از طرف دیگر، با استفاده از فناوری و تشخیص درست زمان استفاده نکردن از آن، به بهترین شکل عمل کنیم».

### محتوای کتاب

کتاب دارای پیشگفتار، هشت عنوان مطلب، نتیجه‌گیری و تمرین است. عناوین مطالب کتاب به شرح زیر است:  
**عنوان اول:** از گذشته تا کنون.  
**عنوان دوم:** زمان استفاده و عدم استفاده از فناوری.  
**عنوان سوم:** کنترل کانون توجه.  
**عنوان چهارم:** طراحی مجدد فناوری.  
**عنوان پنجم:** مشارکت، مهارت و نهایت قدرت.  
**عنوان ششم:** تمایل به ارتباطات دیجیتال.  
**عنوان هفتم:** بازی و لذت.  
**عنوان هشتم:** سیاست‌های جدید.

**عنوان کتاب:** از صفر به یک: یادداشت‌هایی در مورد استارت آپ‌ها، یا چگونه آینده را بسازیم  
**نویسندگان:** پیتیر تیل و بلیک مسترس  
**مترجم:** میلاد بشیری  
**ناشر:** انتشارات میلکان  
**زمان نشر:** ۱۳۹۵  
**تعداد صفحات:** ۱۷۴ برگ  
**شمارگان:** ۱۱۰۰ نسخه  
**شابک:** ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۷۸۴۵ - ۳۸ - ۷  
**قیمت:** ۱۶۰۰۰ تومان



### محتوای کتاب

کتاب دارای پیشگفتار، چهارده فصل مطلب و نتیجه‌گیری است. عناوین فصل‌های کتاب به شرح زیر است:

**فصل اول:** مدیر ارشد اطلاعات و مدیر ارشد اطلاعات دولتی.  
**فصل دوم:** نهادینه کردن.  
**فصل سوم:** مدیریت استعداد.  
**فصل چهارم:** توسعه آموزش مدیر ارشد اطلاعات دولتی مبتنی بر شایستگی.  
**فصل پنجم:** تحول دولت و مدیر ارشد اطلاعات دولتی.  
**فصل هفتم:** مدیر ارشد اطلاعات و مدیر ارشد اطلاعات دولتی.  
**فصل هشتم:** نهادینه کردن.  
**فصل نهم:** مدیریت استعداد.  
**فصل دهم:** توسعه آموزش مدیر ارشد اطلاعات دولتی مبتنی بر شایستگی.  
**فصل یازدهم:** تحول دولت و مدیر ارشد اطلاعات دولتی.  
**فصل دوازدهم:** نهادینه کردن.  
**فصل سیزدهم:** مدیریت استعداد.  
**فصل چهاردهم:** توسعه آموزش مدیر ارشد اطلاعات دولتی مبتنی بر شایستگی.

این کتاب ترجمه دوم از کتابی است که قبلاً توسط جناب آقای مهندس حسین راسی ترجمه گردیده است که در گزارش کامپیوتر شماره ۲۲۸ به خوانندگان معرفی گردید. ترجمه‌ای که به لحاظ خبرگی و تسلط آشکار مترجم بر موضوع و زبان مبدأ و مقصد، به‌نظر می‌رسد بر ترجمه دوم این کتاب برتری کیفی دارد.

### مقدمه

در پیشگفتار کتاب آمده است: «این کتاب دنباله دوره‌ای در مورد استارت‌آپ‌ها است که در سال ۲۰۱۲ در استانفورد آموزش داده شد. دانشجویان می‌توانند در رشته‌های تخصصی بی‌نهایت مهارت به دست بیاورند، اما بیش‌تر آن‌ها هرگز یاد نمی‌گیرند با این مهارت‌ها در دنیای واقعی چه کاری باید انجام دهند. هدف اصلی من در تدریس، کمک به دانشجویانم بود تا بتوانند ورای مسیرهایی ببینند که متخصصان آکادمیک تعیین کرده‌اند و آینده گسترده‌تری را بجویند که به آن‌ها تعلق دارد و بتوانند چیزهای جدید خلق کنند».

## بزرگان دانش رایانه

زندگی و نوآوری‌های پانزده دانشمند علوم رایانه

نویسندگان: دنیس الیوت شاشا  
 کتی لازر  
 ترجمه ابراهیم نقیب زاده مشایخ

جان نیوس

جان مک کارتی

دونالد عیون

انزکو دایمسترا

هرریک بروکز

آلن تی

اسطف نوید

مایکل رایمن

اسطف

لیمورت اسمیت

وایرت ماروان

داکلاس لکات

انوارد فایتن نام

دانیل هلمبرگ

دیرخانه شورای عالی اطلاع‌رسانی

قیمت: ۲۵۰۰۰ ریال

شابک: ۹۶۴-۸۸۲۳-۱۹-۷

انجمن انفورماتیک ایران

## معرفی استاندارد ۲۰۷۴۱: راهنمای ارزشیابی و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم‌افزار

سیدعلی آذرکار

شرکت مهندسی پدیدپرداز

کمیسیون استاندارد و تدوین مقررات، سازمان نظام صنفی رایانه‌ای استان تهران

پست الکترونیکی: ali.azarkar@pdpsoft.com

### مقدمه

در حوزه مهندسی سامانه‌ها و نرم‌افزار، ابزارهای نرم‌افزاری بخش عمده‌ای از فناوری‌های پشتیبان بوده که برای توسعه و نگهداری سامانه‌های فناوری اطلاعات استفاده می‌شوند. به همین دلیل، انتخاب آن‌ها باید با دقت زیاد همراه بوده و با توجه به نیازمندی‌های فنی و مدیریتی سازمان استفاده‌کننده (کاربری) برگزیده و انتخاب شوند. این انتخاب معمولاً نوعی فرآیند ارزشیابی است که نتایج قابل مقایسه کمی بین همه انتخاب‌های نامزد را به دست می‌دهد. انتخاب نهایی ابزار هم بر همین اساس است. فرآیند ارزشیابی و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم‌افزار هنگامی فراگیر می‌شود که هم توسط کاربر و هم توسط عرضه‌کننده ابزار حمایت و پشتیبانی شود. بدیهی است هر چه این فرآیند کمی‌تر، عینی‌تر و بی‌طرفانه‌تر باشد، شمول و دامنه گستردگی آن بیشتر خواهد بود.

به دلیل همین نیاز، استاندارد ISO/IEC 20741:2017 (با موضوع: مهندسی سامانه‌ها و نرم‌افزار - راهنمای ارزشیابی و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم‌افزار)، که در ادامه به اختصار «استاندارد» نامیده شده، تدوین شده است.

اطلاعات و راهنمایی که در این استاندارد ارائه شده، قصد دارد هم

انتخابی مقرون به صرفه برای ابزارهای مهندسی نرم‌افزار ارائه کند و هم توصیفی یکسان و یکنواخت را از چگونگی این انتخاب به دست دهد. برای ارزشیابی (Evaluation) و انتخاب ابزار مهندسی نرم‌افزار، موارد زیر لازم و مورد نیاز است:

- مجموعه‌ای از فرآیندها که رویه‌ای را برای ارزشیابی و انتخاب ارائه می‌کنند؛
- فهرستی از قابلیت‌هایی که محدوده نیازمندی‌های کاربردی را پوشش می‌دهند؛ و
- فهرستی از ویژگی‌هایی که محدوده نیازمندی‌های غیر کاربردی را ارائه می‌کنند.

این استاندارد مجموعه‌ای از فرآیندها و فهرستی از ویژگی‌ها را تعریف کرده که می‌تواند در همه حوزه‌های ابزارهای مهندسی نرم‌افزار استفاده شود. این استاندارد می‌تواند در کنار استانداردهایی که مربوط به ابزارهای یک حوزه خاص حوزه مهندسی نرم‌افزار است، به کار گرفته شود.

### ۲- کاربرد

این استاندارد همان‌طور که اشاره شد، راهنمایی را برای ارزشیابی

جدول ۱: مشخصات استاندارد

|                              |                                                                                                             |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| شماره:                       | ۲۰۷۴۱                                                                                                       |
| قسمت:                        | -                                                                                                           |
| نوع سند:                     | استاندارد بین‌المللی                                                                                        |
| عنوان لاتین:                 | Systems and software engineering — Guideline for the evaluation and selection of software engineering tools |
| عنوان فارسی:                 | مهندسی سامانه‌ها و نرم‌افزار — راهنمایی ارزشیابی و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم‌افزار                         |
| تعداد صفحات:                 | ۳۴                                                                                                          |
| سال چاپ:                     | ۲۰۱۷                                                                                                        |
| زبان:                        | تک زبان، انگلیسی                                                                                            |
| شماره ویرایش:                | ندارد                                                                                                       |
| متمم و اصلاحیه:              | ندارد                                                                                                       |
| استاندارد(های) جایگزین شده:  | ندارد                                                                                                       |
| کد رده‌بندی استاندارد (ICS): | ۳۵،۰۸۰                                                                                                      |
| نهاد استاندارد‌گذار:         | ایزو                                                                                                        |
| شماره استاندارد معادل فارسی: | در دست تدوین-                                                                                               |
| ناشر استاندارد فارسی:        | -                                                                                                           |
| سال چاپ:                     | -                                                                                                           |
| شماره ویرایش:                | -                                                                                                           |
| تعداد صفحات:                 | -                                                                                                           |

- بند ۲: مراجع الزامی
- بند ۳: عبارات و تعاریف
- بند ۴: کوتاه‌نوشته‌ها
- بند ۵: مرور کلی ارزشیابی و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم‌افزار
- بند ۶: فرآیند آماده‌سازی
- بند ۷: فرآیند ساختاردهی
- بند ۸: فرآیند ارزشیابی
- بند ۹: فرآیند انتخاب
- بند ۱۰: ویژگی‌های عمومی ابزارهای مهندسی نرم‌افزار
- پیوست A (اطلاعاتی): مثال‌هایی از الگوریتم‌های انتخاب
- پیوست B (اطلاعاتی): محتوای گزارش ارزشیابی
- کتابشناسی

## ۵- چارچوب ارزشیابی و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم‌افزار

چارچوبی که توسط این استاندارد ارائه شده، شامل ۴ فرآیند اصلی به شرح زیر است. این فرآیندها در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

- فرآیند آماده‌سازی
- فرآیند ساختاردهی

و انتخاب ابزارهای مهندسی نرم‌افزار، که برای کل یا بخشی از چرخه‌حیات مهندسی نرم‌افزار استفاده شده است، به‌دست می‌دهد. برای فرآیندهایی منتخب، استاندارد تلاش می‌کند وظایف و فعالیت‌هایی را که می‌تواند برای ارزشیابی ابزارهای مهندسی نرم‌افزار و انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها از میان چندین نامزد موجود اعمال شود، تعریف کند.

استاندارد موارد زیر را بیان کرده است:

- راهنمایی برای شناسایی نیازمندی‌های سازمانی برای ابزار مهندسی نرم‌افزار؛
- راهنمایی به منظور نگاشت این نیازمندی‌ها به ویژگی ابزار مهندسی نرم‌افزار که باید ارزشیابی شود؛ و
- فرآیندی برای انتخاب ابزار مهندسی نرم‌افزار بر مبنای اندازه‌گیری خصیصه‌های<sup>۱</sup> تعریف شده.

لازم به ذکر است که این استاندارد برای موارد زیر قابل استفاده نیست:

- چارچوب‌های مهندسی نرم‌افزار (که قصد آن‌ها ارائه سازوکارهایی برای یکپارچه‌سازی داده‌ها، کنترل و نمایش است)؛
- ابزارهای عمومی (مانند واژه‌پردازها یا کاربرگ‌ها<sup>۲</sup> که می‌توانند در کنار هر ابزار مهندسی نرم‌افزار استفاده شوند) یا ابزارهایی با کارکردهای خیلی خاص (مانند یک مترجم)

طرح‌ریزی پیاده‌سازی ابزارهای مهندسی نرم‌افزار در سازمان. این استاندارد هم مجموعه‌ای از فرآیندها و هم مجموعه‌ای ساختاریافته از خصیصه‌های ابزارهای مهندسی نرم‌افزار را که می‌تواند برای استفاده در ارزشیابی فنی و انتخاب نهایی ابزارها در همه حوزه‌های مهندسی نرم‌افزار استفاده شود، تعریف می‌کند. این استاندارد مدل کلی خصیصه‌ها و خصیصه‌های فرعی کیفیت محصول نرم‌افزاری را که در استاندارد ISO/IEC 25010 تعریف شده، به‌کار گرفته است. علاوه بر این، راهنمایی را در باب چگونگی اعمال مدل، هنگامی که «محصول نرم‌افزاری» یک «ابزار مهندسی نرم‌افزار» است، ارائه می‌دهد. این استاندارد از مدل «ارزشیابی محصول نرم‌افزاری» که در استاندارد ISO/IEC 25041 تعریف شده، تبعیت می‌کند.

## ۳- مشخصات

مشخصات این استاندارد در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

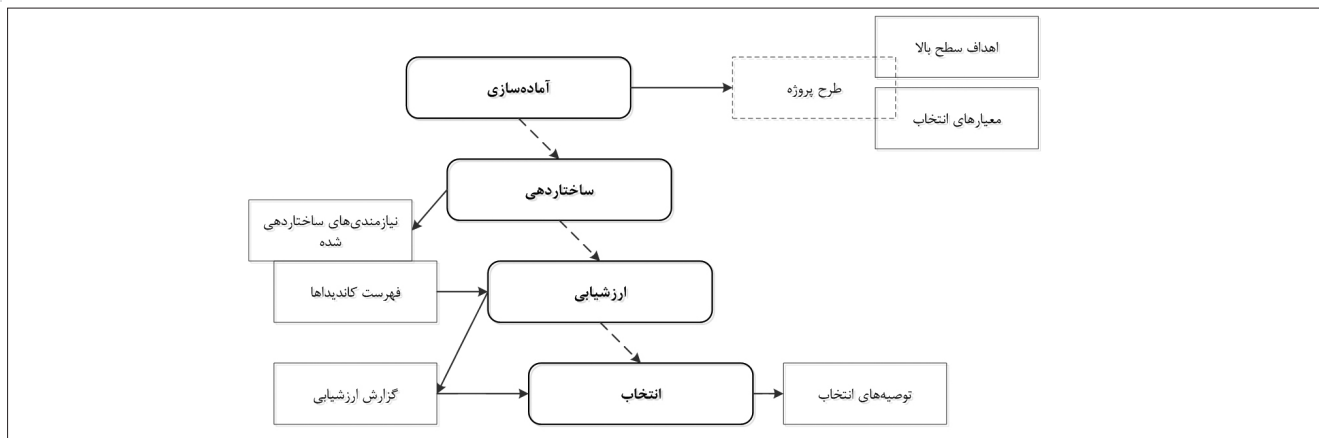
## ۴- ساختار

ساختار این استاندارد به شرح زیر است:

- بند ۱: دامنه کاربرد

1- Characteristics

2- spreadsheets



شکل ۱: فرآیندهای ارزشیابی و انتخاب ابزار مهندسی نرم‌افزار

ارزشیابی ابزارهای خاص، حصول اطمینان از تناسب صورت‌بندی با سازمان. این امکان هم وجود دارد که سازمان نتواند هیچ ابزاری را پیدا کند که بتواند به شکل کافی و مناسبی نیازمندی‌های خود را پوشش دهد. در این حالت، نیازمندی‌ها باید بررسی مجدد شوند. اگر مشخص شده که این‌ها نیازمندی‌های واقعی سازمان برای بهبود فناوری است، از کل این فرآیند ارزشیابی و انتخاب باید صرف نظر کرد. به طور مشابه، اگر مشخص شده نامزد نهایی به شکل حدودی نیازمندی‌های سازمان را محقق می‌کند، باید جزییات و صورت‌بندی فعالیت‌های بعدی مشخص شده تا عامل مخاطره روشن شود. در هر حال، سازمان باید آمادگی داشته باشد که در صورت عدم موفقیت یک نامزد در فرآیند ارزشیابی، آن را انتخاب نکند؛ چرا که هزینه‌های استفاده عملیاتی از یک ابزار جدید، خیلی زیاد است. در ادامه، فرآیندهای شکل شماره ۱، تشریح شده و فعالیت‌های و کارهای مربوط به هر کدام آمده است.

- فرآیند ارزشیابی
- فرایند انتخاب

لازم به ذکر است که در شکل شماره ۱ (و تمامی اشکالی که بعداً خواهد آمد)، مربع‌هایی که دارای گوشه گرد هستند نشان‌گر یک فعالیت یا فرآیند؛ مربع‌هایی که دارای گوشه صاف هستند، نشان‌گر دستاورد فعالیت یا فرآیند؛ و مربع‌های خط‌چین نشان‌گر طرح‌هایی هستند که توسط هر فرآیند مورد ارجاع قرار می‌گیرند. همچنین پیکان‌های معمولی جریان داده‌ای و پیکان‌های خط‌چین جریان‌های کنترلی گذار بین فرآیند و/یا فعالیت را نشان می‌دهد. فرآیند کلیدی در شکل شماره ۱، «فرآیند ساختاردهی» است که در آن مجموعه‌ای از نیازمندی‌ها که ابزارهای نامزد باید بر اساس آن ارزشیابی شوند، ساختاردهی می‌شود.

## ۶- ملاحظات کلی فرآیند

از یک دیدگاه کلی، ملاحظات در باب استفاده از مدل فرآیندی توصیفی در این استاندارد وجود دارد. قصد استفاده‌کننده از این استاندارد، مناسب‌سازی کاربرد آن به نحوی است که احتمال انجام یک فرآیند ارزشیابی و انتخاب موفق بیشینه شده، در عین حالی که هزینه و مخاطره آن کمینه شود. این ملاحظات به قرار زیر است:

- **توالی فرآیندها:** الزامی در تبعیت از توالی فرآیندها، آن‌گونه که در این استاندارد به آن اشاره شده، وجود ندارد. انتخاب فرآیندها و فعالیت‌های مرتبط مورد نیاز برای تحقق اهداف ارزشیابی و انتخاب در هر سازمان، بر عهده خود سازمان است.

- **کاهش هزینه و مخاطرات:** به طور کلی، سازمان‌هایی که به این استاندارد عمل می‌کنند، تمایل دارند هزینه کلی فرآیند ارزشیابی و انتخاب را کمینه کرده، ضمن آن‌که تلاش لازم برای گزینش و انتخاب مناسب‌ترین ابزار(های) مهندسی نرم‌افزار را برای استفاده خود حفظ کند. به بیان دیگر، سازمان تمایل دارد برای این فرآیند کمترین تلاش را صرف کند. این اهداف می‌تواند به این طرق بیان شود: کمینه کردن تعداد ابزارهای ارزشیابی شده، کمینه کردن هزینه

## ۷- فرآیند آماده‌سازی

در این فرآیند اهداف و معیارهایی برای انتخاب ابزار روشن شده و طرح پروژه برای ارزشیابی و انتخاب تدوین می‌شود. مجموعه‌ای از راهنماها برای انتخاب ابزار مهندسی نرم‌افزار شناسایی شده و یک طرح پروژه تدوین می‌شود (شکل شماره ۲).

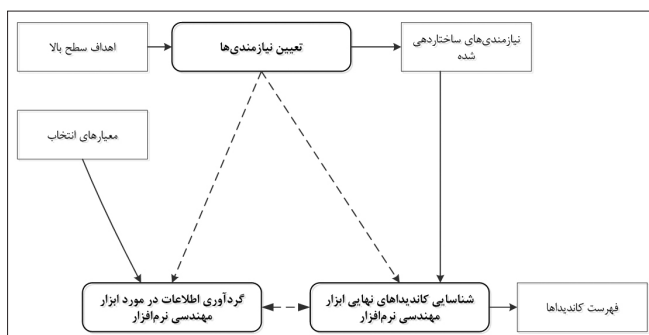
بر اثر پیاده‌سازی موفق این فرآیند، دستاوردهای زیر حاصل می‌شود:

- اهداف میانی محصول
- فهرستی از معیارهای انتخاب (Selection Criteria)
- طرح پروژه برای ارزشیابی و انتخاب ابزار(ها)

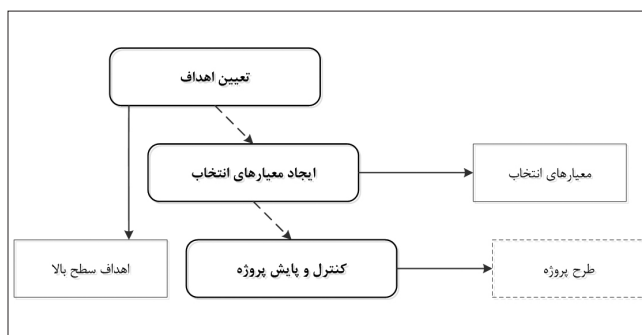
### ۷-۱- فعالیت‌ها و کارها

فعالیت‌های این فرآیند به شرح زیر است:

- تعیین اهداف
- ایجاد معیارهای انتخاب
- طرح‌ریزی و کنترل پروژه



شکل ۳: فرآیند ساختاردهی



شکل ۴: فرآیند آماده‌سازی

ابزار و ساختاردهی جزئیات نیازمندی‌ها (بر اساس چارچوب ارزشیابی و انتخاب محصول که در فرآیند آماده‌سازی ایجاد شده است). انجام می‌شود. جزئیات این فرآیند در شکل شماره ۳ آمده است.

بر اثر پیاده‌سازی موفق این فرآیند، دستاوردهای زیر حاصل می‌شود:

- نیازمندی‌های ابزار
- نیازمندی‌های ساختاردهی شده ابزار

#### ۸-۱- فعالیت‌ها و کارها

فعالیت‌های این فرآیند به شرح زیر است:

- تعریف نیازمندی‌ها
- گردآوری اطلاعات مربوط به ابزار مهندسی نرم‌افزار
- شناسایی نامزدهای نهایی ابزار مهندسی نرم‌افزار
- ۸-۱-۱- تعریف نیازمندی‌ها

هدف این فعالیت عبارت است از: گردآوری نیازمندی‌های ابزار مهندسی نرم‌افزار و ساختاردهی آن بر اساس ویژگی‌های ابزار مهندسی نرم‌افزار. این خود شامل سه فعالیت است: گردآوری اطلاعات سازمانی، شناسایی نیازمندی‌ها و ساختاردهی نیازمندی‌ها. در کار «گردآوری اطلاعات سازمانی»، برای امکان تعریف مجموعه‌ای تفصیلی از نیازمندی که بتواند توسط ابزار مهندسی نرم‌افزار برآورده شود، اطلاعات در مورد سازمان باید گردآوری شود:

- تعهد سازمان برای تامین مالی و پیاده‌سازی کامل استفاده از ابزار مهندسی نرم‌افزار
- محیط فعلی مهندسی نرم‌افزار درون سازمان (شامل داده‌هایی در مورد سخت‌افزار، سیستم عامل، محیط ابری، ابزارها و استفاده از آن‌ها)
- انواع پروژه‌های توسعه‌ای (اندازه، حوزه کاربردی) که توسط سازمان اجرا می‌شود.
- ویژگی‌ها و محدودیت‌های سامانه‌های هدفی که ابزار مهندسی نرم‌افزار برای آن‌ها توسعه یافته است.
- تاثیر و بهبودهای مشخص مورد انتظار ابزار مهندسی نرم‌افزار برای سازمان
- نیازمندی‌های کاربران بالقوه ابزار و کاربران نهایی
- خط‌مشی‌های جاری خرید سازمانی

#### ۷-۱-۱- تعیین اهداف

هدف این فعالیت عبارت است از: تدوین مجموعه‌ای از اهداف واقعی به عنوان یک فعالیت اولیه ضروری.

این فعالیت شامل کارهای زیر است:

- تدوین فلسفه و زیربنای منطقی خرید ابزار
- تعریف اهداف و انتظارات
- تنظیم خط‌مشی کلی خرید

#### ۷-۱-۲- ایجاد معیارهای انتخاب

هدف این فعالیت عبارت است از: تعیین معیارهای انتخاب بر اساس اهداف و انتظارات معین شده.

این فعالیت شامل کارهای زیر است:

- تجزیه اهداف سطح بالا به مجموعه‌ای از معیارهای انتخاب (برای تصمیم‌گیری‌ها)

- تعریف اهمیت نسبی معیارهای انتخاب

- تعریف جزئیات و ماهیت فعالیت‌های ارزشیابی که باید انجام شود.
- تعریف سناریوی ارزشیابی/انتخاب که باید انجام شود.

#### ۷-۱-۳- طرح‌ریزی و کنترل پروژه

هدف این فعالیت عبارت است از: تدوین طرح پروژه و سازوکارهایی برای کنترل و پایش آن.

این فعالیت شامل کارهای زیر است:

- تعریف سازمان تیم پروژه و مسئولیت‌های محوله
- مجموعه‌ای از اهداف عملیاتی منتج از تجزیه اهداف کلی (که پیش‌تر ایجاد شده)
- مجموعه‌ای از راهنماهای انتخاب (معیارهای وزن‌دار انتخاب، تعریف سطح جزئیات، سناریوی ارزشیابی و انتخاب)
- زمان‌بندی فعالیت‌ها و کارهای همراه با آن همراه با برآوردی از نیازهای نیروی انسانی و هزینه
- ابزاری برای پایش و کنترل اجرای طرح
- به‌روزرسانی طرح پروژه و سازوکارهای کنترلی، هم‌زمان با پیشرفت پروژه

## ۸- فرآیند ساختاردهی

در این فرآیند، گردآوری نیازمندی‌های ابزار از سازمان استفاده‌کننده

- روشنگان و پشتیبانی چرخه حیات ابزار
- چگونگی اتصال (ارتباط) ابزار با سایر سامانه‌های خارجی
- تعداد کاربران، وجود یک گروه کاربری، پاسخ (بازخورد) کاربران به استفاده از محصول
- سازوکار مجوزدهی ابزار (تک کاربره، چند کاربره، چند بن‌ساختی، مکانی، ...)
- ۸-۱-۳- شناسایی نامزدهای نهایی ابزار مهندسی نرم‌افزار
- پس از بررسی همه ابزارهای بالقوه، ابزارهایی که باید ارزشیابی شوند، انتخاب خواهند شد. این فعالیت شامل کارهای زیر است:
- ایجاد مجموعه‌ای از نیازمندی‌های حیاتی یا با اولویت بالا، که باید توسط ابزار مهندسی نرم‌افزار برآورد شود.
- مقایسه نیازمندی‌های کارکردی کاربر با قابلیت کارکردی ابزار مهندسی نرم‌افزار، روشنگان پشتیبانی، محیط سامانه
- مقایسه نیازمندی‌های مدیریتی با هزینه، آموزش و پشتیبانی قابل دسترس
- تحلیل مجموعه مشتریان، پشتیبانی، سابقه فعالیت و حضور در کسب‌وکار و سابقه پاسخ‌دهی به مشتریان
- شناسایی ابزارهایی که به شکل مکفی نیازمندی‌های حساس و با اولویت بالا را برآورده می‌کنند. این فهرست نامزدهای نهایی برای ارزشیابی رسمی خواهند بود.

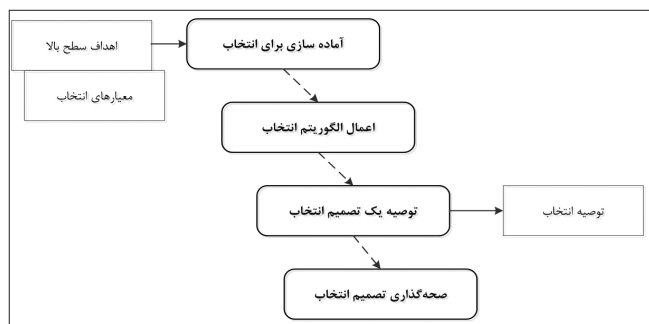
## ۹- فرآیند ارزشیابی

- اطلاعات ابزارهای نامزد که پیش‌تر در فرآیند ساختاردهی گردآوری شده، در این فرآیند، طبق یک طرح ارزشیابی، ارزشیابی شده و نتیجه گزارش‌دهی می‌شود. فرآیند انتخاب بر اساس این گزارش انجام می‌شود. جزئیات این فرآیند در شکل شماره ۴ آمده است.
- بر اثر پیاده‌سازی موفق این فرآیند، دستاوردهای زیر حاصل می‌شود:
  - سنجه‌ها و رتبه‌های ارزشیابی
  - گزارش ارزشیابی

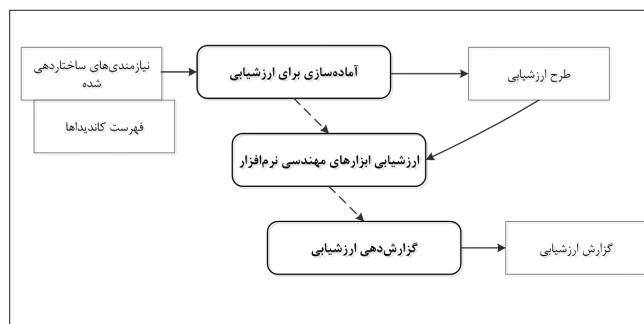
### ۹-۱- فعالیت‌ها و کارها

- فعالیت‌های این فرآیند به شرح زیر است:
- آماده‌سازی برای ارزشیابی
  - ارزشیابی ابزارهای مهندسی نرم‌افزار
  - گزارش‌دهی ارزشیابی
  - ۹-۱-۱- آماده‌سازی برای ارزشیابی
  - برای تعریف سطح تفصیلی مورد نیاز پیش از شروع فعالیت‌های ارزشیابی، آماده‌سازی‌های نهایی ضروری است. بر مبنای سیاهه تهیه شده از نامزدهای ابزارهای مهندسی نرم‌افزار و نیز نیازمندی‌های ساختاردهی شده، فعالیت‌های زیر باید انجام شود:
  - تعریف/انتخاب یک یا چند سنجه و تعریف نحوه استفاده از آن‌ها به ازای هر خصیصه اتمیک

- خط‌مشی‌های جاری امنیت اطلاعات برای استفاده از ابزار در «شناسایی نیازمندی‌ها»، کارهای زیر با هدف تهیه فهرستی از نیازمندی‌ها انجام می‌شود:
- تحلیل نیازمندی‌ها و تعدیل سطحی از جزئیات که نیازمندی‌ها تعریف و اندازه‌گیری شوند.
- ارزشیابی نیاز فعلی برای ابزار مهندسی نرم‌افزار (و شناسایی اولین پروژه‌ای که از این ابزار استفاده خواهد کرد).
- شناسایی روشنگان مطلوب
- شناسایی بخش‌هایی از چرخه حیات که باید پشتیبانی شود (طراحی، تحلیل، ...)
- شناسایی قابلیت‌های مورد نیاز ابزار مهندسی نرم‌افزار
- شناسایی خصیصه‌های مورد نیاز مربوط به کارکردهای استفاده از ابزار مهندسی نرم‌افزار در مورد ابزار مهندسی نرم‌افزار
- شناسایی خصیصه‌های عمومی کیفی نرم‌افزاری ابزار مهندسی نرم‌افزار
- شناسایی خصیصه‌های مورد نیاز نامرتبط با کیفیت ابزار مهندسی نرم‌افزار
- واریسی (Check) سازگاری نیازمندی‌ها با اهدافی که پیش‌تر ایجاد شده
- در «ساختاردهی نیازمندی‌ها»، کارهای زیر برای سازمان‌دهی نیازمندی‌ها به نحوی که ارزشیابی بتواند به شکلی اثربخش‌تری پیش برود، انجام می‌شود:
- رده‌بندی نیازمندی‌های کاربردی طبق ساختار پیشنهادی استاندارد (بخش ۱۱ گزارش) و مجموعه‌ای از استانداردها برای هر حوزه از ابزار و تجزیه آن به مشخصات تفصیلی (جزیی)
- انتخاب خصیصه‌ها و قابلیت‌ها، طبق ساختار پیشنهادی استاندارد (بخش ۱۱ گزارش)، و مجموعه‌ای از استانداردها برای هر حوزه از ابزار که ممکن است برای تعیین گستره‌ای که ابزار مهندسی نرم‌افزار نیازمندی‌های تفصیلی را پوشش می‌دهد، ارزشیابی شود.
- شناسایی اوزان خصیصه‌ها و/یا قابلیت‌ها
- ۸-۱-۲- گردآوری اطلاعات مربوط به ابزار مهندسی نرم‌افزار
- هدف فعالیت عبارت است از: جستجوی کلی ابزارهای بالقوه مهندسی نرم‌افزار که می‌تواند ارزشیابی شود (بر اساس نیازمندی‌های اولیه) و گردآوری اطلاعات آن‌ها. به ازای هر ابزار، اطلاعات زیر باید مشخص شود:
- اطلاعات کلی تامین‌کننده ابزار
- راهبرد خاص تامین‌کننده برای توسعه ابزار
- هزینه ابزار
- سخت‌افزار و نرم‌افزار لازم برای پشتیبانی استفاده از ابزار
- سخت‌افزار و نرم‌افزار لازم برای پشتیبانی برنامه کاربردی نهایی/استفاده از ابزار
- آموزش‌های مورد نیاز برای استفاده کارآمد از ابزار
- قابلیت‌های کارکردی محصول



شکل ۵: فرآیند انتخاب



شکل ۴: فرآیند ارزشیابی

تشریح کند؛ یا ممکن است چندین گزارش ارزشیابی تدوین شده که هر کدام در مورد زیرمجموعه ای از ابزارهای ارزشیابی شده است. نتایج ارزشیابی باید بر حسب ویژگی یا قابلیت های پایین ترین سطح باشد، به نحوی که امکان تجمع آن تا سطح بالا وجود داشته باشد.

### ۱-۱۰ فرآیند انتخاب

در این فرآیند، روش انتخاب معین شده و انتخاب بر اساس مقادیری که در گزارش ارزشیابی آمده، محاسبه می شود. اعتبار ابزار منتخب با هدف و راهنماها کنترل می شود. جزئیات این فرآیند در شکل شماره ۵ آمده است.

بر اثر پیاده سازی موفق این فرآیند، دستاوردهای زیر حاصل می شود:

- الگوریتم انتخاب
- تصمیم انتخاب

### ۱-۱۰-۱-۱۰ فعالیت ها و کارها

فعالیت های این فرآیند به شرح زیر است:

- آماده سازی برای انتخاب
- اعمال الگوریتم انتخاب
- توصیه یک تصمیم انتخاب
- صحه گذاری تصمیم انتخاب

۱-۱۰-۱-۱۰ آماده سازی برای انتخاب

الگوریتم انتخاب، تعیین می کند چگونه داده های تولید شده حین ارزشیابی های مختلف با یکدیگر ترکیب و مقایسه می شود تا رتبه بندی های هر ابزار نامزدی به دست آید. بر اساس اهداف اولیه و راهنماهای انتخاب، مجموعه ای نهایی از معیارهای انتخاب شناسایی شده و مبنایی که این معیارها ارزیابی می شوند، بنا می شود.

۱-۱۰-۲ اعمال الگوریتم انتخاب

نتایج حاصل از ارزشیابی به عنوان ورودی الگوریتم انتخاب استفاده می شود. خروجی، اطلاعات مرتبط با ابزارهای نامزد است. نتایج ارزشیابی هر ابزار، یک خلاصه فنی از خصیصه های ابزار را به دست داده که تا سطح مشخص شده در الگوریتم ارزشیابی (معمولاً سطح خصیصه) تجمع می شوند.

• تعیین سطوح رتبه بندی و شناسایی وسیله ای که این سطوح توسط آن تولید یا مقایسه می شود.

• تعریف ارزیابی خصیصه ها/قابلیت های ارزشیابی، تعریف این که چه چیزی مورد قبول است (با ملاحظه سطوح رتبه بندی که پیش تر تعریف شده و زمینه به کارگیری ابزار)

• شناسایی و زمان بندی تمامی فعالیت هایی که به عنوان بخشی از فرایند ارزشیابی انجام می شود.

۹-۱-۲ ارزشیابی ابزارهای مهندسی نرم افزار

نرم افزار در مقایسه با هر خصیصه و/یا قابلیت انتخابی ارزشیابی می شود. ارزشیابی فرآیندی شامل اندازه گیری، رتبه بندی و ارزیابی است. این فعالیت خود شامل «اندازه گیری»، «رتبه بندی» و «ارزیابی» است. «اندازه گیری» شامل فعالیت های زیر است:

- بررسی مستندات تامین کننده
- بررسی متن برنامه و سایر محصولات میانی (در صورت وجود)
- مصاحبه با کاربران واقعی نرم افزار
- مشاهده نمایش ها<sup>۳</sup> و مصاحبه با ارائه دهندگان نمایش
- اجرای موارد آزمون
- به کارگیری در پروژه های آزمون
- بررسی ارزشیابی های قبلی (توسط مراجع مختلف)
- اجرای آزمون هم سنجی<sup>۴</sup> بر روی نامزدها و تحلیل نتایج

در فعالیت «رتبه بندی»، هر مقدار اندازه گیری شده در قیاس با مقیاس سایر مقادیری که در طرح ارزشیابی تعریف شده، اندازه گیری می شود. سطوح رتبه بندی یا به شکل مستقیم تولید شده یا طبق یک الگوریتم از پیش تعریف شده، محاسبه می شود.

در فعالیت «ارزیابی»، رتبه بندی منتج شده و معیارهای از قبل تعریف شده ارزیابی، خصیصه های فرعی، خصیصه ها و قابلیت ها ارزیابی می شود. طبق راهنماهای انتخاب و طرح ارزشیابی، رتبه بندی ها باید تا سطح بالا تجمع شوند.

۹-۱-۳ گزارش دهی ارزشیابی

نتیجه نهایی ارزشیابی، یک گزارش ارزشیابی است. یک گزارش مجزای ارزشیابی ممکن است همه ابزارهایی که ارزشیابی شده را

3- demo

4- Benchmark test

## ۱۰-۱-۳- توصیه یک تصمیم انتخاب

پس از اعمال الگوریتم، توصیه‌ای برای خرید (اکتساب) ابزار یا مجموعه‌ای از ابزارها تهیه خواهد شد. این یک تصمیم مدیریتی بر مبنای مقایسه فنی فوق و سایر معیارهای مدیریتی است.

## ۱۰-۱-۴- صحت‌گذاری تصمیم انتخاب

این کار از طریق مرور مجدد اهداف اولیه و راهنماهای انتخاب و مقایسه نتایج ارزشیابی و یا سایر داده‌های مرتبط انجام می‌شود.

## ۱۱- خصیصه‌های ابزار مهندسی نرم‌افزار

در بند ۱۰ استاندارد، خصیصه‌های مرتبط با ابعاد مختلف ابزار مهندسی نرم‌افزار برشمرده و تشریح شده است. در ادامه این گزارش، سعی شده تا برخی از این خصیصه‌ها آورده شود. خواننده علاقه‌مند می‌تواند برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد توصیف هر کدام از آن‌ها، به متن اصلی استاندارد مراجعه کند.

## ۱۱-۱- خصیصه‌های مرتبط با کارکردهای استفاده

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با کارکردهای استفاده از ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- ویژگی مورد نیاز سخت‌افزاری ابزار
- ویژگی مورد نیاز نرم‌افزاری ابزار
- محیط فیزیکی ابزار

## ۱۱-۲- خصیصه‌های مرتبط با قابلیت یکپارچه‌پذیری

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با قابلیت یکپارچه‌پذیری ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- سازگاری با عناصر محیطی
- یکپارچگی داده‌ای
- یکپارچگی کنترلی
- یکپارچگی نمایشی (از منظر میانای کاربری)<sup>۵</sup>

## ۱۱-۳- خصیصه‌های مرتبط با کاربرد

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با کاربرد ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- محیط سخت‌افزاری و نرم‌افزاری محصولات نرم‌افزار
- انطباق با استانداردهای محصولات نرم‌افزار
- حوزه کاربردی
- اندازه برنامه کاربردی پشتیبانی شده
- زبان‌های پشتیبانی شده
- انبار نرم‌افزاری (توانایی ذخیره‌سازی و مدیریت همه اطلاعات مرتبط با فرآیند مهندسی نرم‌افزار)
- پشتیبانی از روشگان
- پشتیبانی از جهانی‌سازی

5- User interface

## ۱۱-۴- خصیصه‌های کیفی عمومی

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با کیفیت عمومی ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- شایستگی کارکردی (جامعیت کارکردی، صحت کارکردی، تناسب کارکردی)
- کارایی عملکرد (رفتار زمانی، استفاده از منابع، ظرفیت)
- سازگاری (همجواری با سایر ابزارها، برهم‌کنش‌پذیری)
- کاربست‌پذیری (مناسب بودن، قابلیت یادگیری، قابلیت اجرا، حفاظت از کاربران در قبال انجام اشتباه)
- دسترس‌پذیری
- قابلیت اطمینان (بلوغ، در دسترس بودن، تحمل خطا، قابلیت بازیابی)
- امنیت (محرمانگی، یکپارچگی، عدم انکار، پی‌گیری‌پذیری و سندیت)
- قابلیت نگهداری (پودمانگی، قابلیت استفاده مجدد، قابلیت تحلیل، قابلیت اصلاح، قابلیت آزمون)
- قابلیت حمل (قابلیت انطباق، قابلیت نصب، قابلیت جایگزینی)

## ۱۱-۵- خصیصه‌های فرآیند خرید (اکتساب)

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با فرآیند خرید ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- هزینه پیاده‌سازی ابزار
- خط‌مشی‌های مجوزدهی
- محدودیت‌های صادراتی

## ۱۱-۶- خصیصه‌های پیاده‌سازی

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با پیاده‌سازی ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- اثربخشی هزینه
- محدودیت‌های مربوط به ارائه/تحويل توسعه
- راهکاری لازم برای پیاده‌سازی ابزار در سازمان کاربری
- نیازهای زیرساختی

## ۱۱-۷- خصیصه‌های پشتیبانی

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با پشتیبانی ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- رخ‌نمون عمومی تامین‌کننده ابزار
- رخ‌نمون ابزار
- دسترسی به آموزش

## ۱۱-۸- خصیصه‌های ارزشیابی یا اعطای گواهی

خصیصه‌های فرعی اتمیک مرتبط با ارزشیابی یا اعطای گواهی ابزار مهندسی نرم‌افزار، به شرح زیر است:

- توسعه‌دهنده ارزشیابی یا اعطای گواهی (نیاز به اخذ حداقل گواهی‌های لازم به منظور استفاده از ابزار)
- اعطای گواهی به محصول (اعطای گواهی از سوی یک نهاد گواهی‌دهنده مناسب به منظور اطمینان از انطباق ابزار با یک استاندارد مشخص)

## ۱۲- خلاصه

ابزارها در طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزار و سامانه‌های اطلاعاتی، نقش مهمی داشته و همواره یکی از نگرانی‌ها و دغدغه‌های سازمان‌های به‌شمار می‌آیند. این اهمیت از جایی دو چندان می‌شود که هزینه‌های مرتبط با یک ابزار (از بررسی‌های اولیه تا خرید و نصب و راه‌اندازی و آموزش و عملیاتی‌سازی) بسیار زیاد است. از سوی دیگر، سازمان‌های تمایل دارند که این فرآیند نه تنها با کمترین هزینه انجام شود بلکه بهترین انتخاب را نیز برای آن‌ها به همراه داشته باشد.

مجموع موارد فوق، تحت عنوان «راهنمای ارزشیابی و انتخاب ابزار مهندسی نرم‌افزار» در استاندارد ISO/IEC 20741 مطرح شده است. این استاندارد تلاش می‌کند چارچوبی را برای نحوه ارزشیابی و انتخاب ابزار مهندسی نرم‌افزار در اختیار سازمان‌ها قرار دهد. چارچوب نظری این استاندارد بر استانداردهای ISO/IEC 25010 و ISO/IEC 25041 بنا شده است. مانند هر استاندارد دیگری، سازمان‌ها می‌توانند حسب

سلیقه و نیاز، آن را برای نیازمندی‌های خاص خود مناسب‌سازی کنند.

این استاندارد چهار فرآیند را برای این منظور ارائه کرده و برای هر کدام فعالیت‌ها و کارهای مرتبط را برشمرد، که در این گزارش به طور اجمالی بیان شد. این فرآیندها عبارت است از:

- **فرآیند آماده‌سازی.** هدف این فرآیند ایجاد زیرساخت‌ها و تمهیدات لازم برای انجام ارزشیابی و انتخاب است. طرح پروژه موارد مهمی از قبیل فعالیت‌های اجرایی، نقش‌ها و مسئولیت‌ها، منابع و زمان‌بندی‌ها را بیان و مستند می‌کند.
- **فرآیند ساختاردهی.** در این فرآیند، نیازمندی‌های سازمان کاربری ابزار شناسایی شده، ساختاردهی شده، اطلاعات مربوط به ابزار مهندسی نرم‌افزار گردآوری شده و در نهایت نامزدهای نهایی برای ابزار مهندسی نرم‌افزار مشخص می‌شوند. این مهم‌ترین فرآیند استاندارد است.
- **فرآیند ارزشیابی.** طی این فرآیند، اطلاعات مربوط به ابزارهای نامزد که در فرآیند ساختاردهی گردآوری شده، طبق یک طرح ارزشیابی، ارزشیابی شده و نتیجه آن (برای انتخاب ابزار) گزارش‌دهی می‌شود.
- **فرایند انتخاب.** در این فرآیند، روش انتخاب تعیین شده و انتخاب بر اساس مقادیری که در گزارش ارزشیابی آمده، محاسبه می‌شود. اعتبار ابزار منتخب با هدف و راهنماها کنترل می‌شود.

## چاپ دوم منتشر شد !

برای کسب اطلاعات بیشتر و تهیه کتاب  
با شماره تلفن زیر تماس حاصل فرمایید  
۶۶۴۱۲۸۶۱ (انجمن انفورماتیک ایران)

جیسون فرید و دیوید هاین مایرهنسون، بنیانگذاران شرکت نرم‌افزاری 37signals هستند. محصولات تولید شده توسط شرکت آن‌ها میلیون‌ها کاربر در سراسر جهان دارد. آن‌ها در این کتاب رازهای موفقیت شرکتشان را با شما در میان می‌گذارند. این کتاب در فهرست پرفروش‌ترین کتاب‌های روزنامه نیویورک تایمز قرار داشته است.



## زنگ تفریح

### امتحان تخصصی

امتحان کوتاه زیر شامل ۴ سوال است. سوال‌ها زیاد سخت نیستند و جواب آن‌ها هم در زیر آمده است، ولی قبل از آن که پاسخ‌ها را ببینید سعی کنید خودتان پاسخ‌ها را بیابید. این امتحان برای آزمایش متخصص بودن شماست.

### سؤالات

- (۱) چگونه می‌توان یک زرافه را داخل یک یخچال قرار داد؟
- (۲) چگونه می‌توان یک فیل را داخل یک یخچال قرار داد؟
- (۳) شیر، سلطان جنگل، تمام حیوانات را به یک گردهمایی فرا می‌خواند. تمام حیوانات بجز یکی از این حیوانات در این گردهمایی شرکت می‌کنند. حیوانی که غایب بوده کدام است؟
- (۴) شما باید از یک رودخانه عبور کنید. این رودخانه محل زندگی تمساح‌ها است. چگونه از آن عبور می‌کنید؟

### پاسخ‌ها

- (۱) پاسخ درست این است: در یخچال را باز کنید زرافه را در آن قرار دهید و سپس در یخچال را ببندید. این سوال به ما یاد می‌دهد که نباید برای کارهای ساده دنبال راه‌حل‌های پیچیده بگردیم.
- (۲) در یخچال را باز کنید، فیل را در آن قرار دهید و سپس در یخچال را ببندید. این پاسخ اشتباه است! پاسخ درست این است: در یخچال

را باز کنید. زرافه را بیرون بیاورید، فیل را در یخچال بگذارید و سپس در یخچال را ببندید. این سوال به ما یاد می‌دهد که برای حل مسئله، به فعالیت‌های قبلی نیز فکر کنیم.

(۳) پاسخ درست این است: فیل. چون فیل داخل یخچال بوده و نمی‌توانسته در گردهمایی شرکت کند. این سوال به ما یاد می‌دهد که در حل مسئله نباید فرضیات قبلی را فراموش کنیم.

بسیار خوب! اگر به ۳ سوال اول پاسخ درست نداده‌اید هنوز یک شانس دیگر دارید.

(۴) پاسخ درست این است با شنا از رودخانه عبور کنید. تمام تمساح‌ها در گردهمایی حیوانات هستند و خطری شما را تهدید نمی‌کند. این سوال به ما یاد می‌دهد که از اشتباهات گذشته پند بگیریم.

### نتیجه‌گیری

براساس بررسی‌های آماری در سراسر جهان، در حدود ۹۰ درصد متخصصان به تمام سوالات فوق پاسخ اشتباه داده‌اند. ولی بسیاری از بچه‌های دبستانی و پیش دبستانی چند پاسخ درست داشته‌اند. نتیجه این بررسی‌ها نشان می‌دهد که این تئوری که عقل متخصصان به اندازه بچه‌های ۴ ساله است اشتباه می‌باشد.

# لیست اعضای حقوقی

## انجمن انفورماتیک ایران

### اعضای حقوقی فعال در حوزه راه حل های برنامه ریزی منابع سازمان و نرم افزارهای پیشرفته سازمانی

آریا همراه سامانه



آفرینش رایانه کیهان



ایریسا  
(بین المللی مهندسی سیستم ها و اتوماسیون)



بهکو (بهینه کوشان سپهر)



برگ سیستم پویا



پارس رویال نفیس



پارس اوک کیش



پارس تصمیم



پردازش موازی سامان



پردازش اطلاعات ریسمان



پویندگان تجارت دهکده جهانی



توسعه یکپارچه ایلیا



تدوین فرآیند



تحقیق و توسعه ارتباط



چارگون



خدمات مهندسی عصر اندیشه



درگاه ارتباطات جدید



دی رایانه نوین



دانش افزار نارون شریف



راهکارهای برتر یکپارچه ساپارد اروین



رایاوران توسعه



مهندسی رای دانا آفرین



سافت سیستم کیش



سامانه پرداز اریس



پایه ریزان راه کارهای فراگیر



سامه آرا پردازشگر



سبز داده افزار



سیستم های اطلاعات مدیریت شرق رایا



سند پرداز



شماران سیستم



گروه نرم افزاری پیوست



گلرنگ سیستم



فناوری نوین رایا شریف



فرهیختگان فناوری اطلاعات و ارتباطات  
فرافن



فناوری اطلاعات و ارتباطات پاسارگاد  
آریان (فناپ)



فاوا نفت صبا کیش



نوید ایرانیان  
(گسترش فضای مجازی)



مانیر (مشاورین انفورماتیک نیرو)



مجموع داده ها و سیستم ها (MDS)



مهندسی بهینه ایران



ماموت مدیریت سیستم ها



مهندسی نرم افزاری رایورز



مهندسی نرم افزار فرارای (سهامی خاص)



نماد ایران



نسیم ارتباط دماوند



داده پردازی نیلرام مانا



# لیست اعضای حقوقی

## انجمن انفورماتیک ایران

گروه مشاورین و رانگر نوین



گروه توسعه فناوری اطلاعات بصیر



گام الکترونیک



مشاوران یام آذر



نوماتک



### اعضای حقوقی فعال در حوزه نرم افزارهای کاربردی

آریا ایمن تدبیر



آتیه ژرف اندیشان سیمرغ



آناد صنعت سپهر



اطلاع رسانی پیوند داده‌ها



ایران رایانه



ایده نوآوران سرا تدبیر



امن پردازان سورنا



آریانا پرداز آینده (آریا)



انتقال دانش صنعت انرژی برق



پندار کوشک ایمن



پژند الکترونیک



پردازش اطلاعات و ارتباطات هاماوران آسیا



پیک فرزانه پویان



پیشگامان فن آوری هوداد



توسعه ارتباطات رایانه‌ای آبانگان



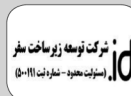
توسعه فناوری اطلاعات جهان افزار نوین



تدبیرگران نوآوری رایسان



توسعه زیر ساخت ماهان تک



تیم تعمیرات و نگهداری خطوط لوله خاورمیانه



تحلیلگران فن آوری پوشش نور



حامیان ماندگار فرتاک روشن



حافظه سبز نوین پارس



خدمات مهندسی فن آوری های طیف گسترده



خبره حسابان ره آورد



چشم انداز تجارت به دان



داده پردازان احداث



داده کاوان پیشرو ایده و رانگر



دی کاو ماندگار



راهبر نیروی خراسان (رانیر)



سنجه حساب



سبزافزار آریا



سروش رایانه ایرانیان



مدیران سیستم نوین ایرانیان



سامانه های یکپارچه سیمرغ تجارت



شایگان سیستم



صنایع فن آوری طراحان بهینه



مهندسی تکرر سیستم



مدیران سیستم پاسارگاد



مهندسی نرم افزار ایده گستر پوریا



مهندسی نرم افزار فرا پیام



مهندسین مشاور نقش بوستان گستر



فاوا هزاره کیش



# لیست اعضای حقوقی

## انجمن انفورماتیک ایران

توسعه فن افزار توسن



توسعه همیان شهر



توسعه فناوری رفاه پردیس



توسعه فناوری تجارت حکمت



توسعه خدمات الکترونیکی آدونیس



ثامن ارتباط عصر



شرکت کسب و کارهای نوپای خاورزمین



ماتریس تحلیلگران سیستم های پیچیده



خدمات انفورماتیک



توسعه سامانه های نرم افزاری نگین (توسن)



خدمات ماشین های اداری امیم رایانه



سامان امنیت پرداز کیش



سفیر آبی آرام



شرکت توسعه فن افزار توسن



گستره چتر نیلی



عصر امار و فناوری اطلاعات



### اعضای حقوقی فعال در حوزه بانکی و بانکداری الکترونیکی

الماس هوشمند ایرانیان



آسمان صبح فردا



ارتباطات هدی ارقام



بهسازان ملت



بانک اقتصاد نوین



بانک آینده



به پرداخت ملت



پدیسار انفورماتیک



پردازشگران سامان



پرداخت الکترونیک سداد



پویا



پردازش اطلاعات مالی پارت



بانک سرمایه



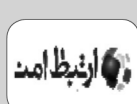
فاوا وب بیست و چهار



فراکنش



فناوری ارتباط امن خاورمیانه



همراهان سیستم گهر



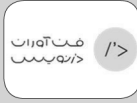
هورماه رابین خاور



همکاران سیستم



فن اوران درنویس



نرم افزاری امن پرداز



رهیاب ریان فردا



کهکشان دانا



مدار گسترش فناوری اطلاعات



موسسه فرهنگی دیجیتال تدارک نرم افزار پایتخت پارسیان



کارانس ایرانیان



گروه شرکت های مهندسی نرم افزار فرایام



# لیست اعضای حقوقی

## انجمن انفورماتیک ایران

داده پردازی پویای شریف



رایان هوشمند نویان



فناوری اطلاعات و ارتباطات پارس  
پردازش سدید



فن آوری اطلاعات پارسیان میزبان



فناوری رادین پاسارگاد



کیانا پارسیان کیش



کلیدگستر آینده (نت بینا)



گروه شرکت های فن آوا



مؤسسه گسترش اطلاعات و ارتباطات  
و فرهنگی ندا رایانه



هاست ایران



نویان ابر آوران



اعضای حقوقی فعال در حوزه شبکه و سخت افزار

آوید رایانه هیراد



آداک فناوری مانی



آلبالو رایانه سخت افزار



آرین وب ایرانیان



مهندسی آتی ساز اب ایرانیان



توسعه فناوری اطلاعات خوارزمی



صنایع پرسو الکترونیک



اعضای حقوقی فعال در حوزه اینترنت و پورتال ها

آوای هوشمند زورق آرامش



آریا سپهر اطلاع رسان تهران



ارتباطات فن آوا



ارتباطات مبین نت



افرانت



پارس لین



پیشگامان دامنه فناوری



تندیس تلاش و تفکر



توسعه فناوری ریز فن پردازش پرشین



تدبیر (ایران سون استار)



حامی سیستم شریف



فناوران اهل قلم نوین



داده پردازی ایران



داده پردازان ماهان شبکه جنوب



داده ورزی فرادیس البرز



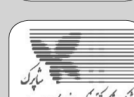
رایانه خدمات امید



داتیس آرین قشم



شرکت شبکه الکترونیکی پرداخت کارت  
شاپرک



شرکت مشاوره رتبه بندی اعتباری ایران



سامانه تبادل الکترونیک دفاتر پیشخوان  
دولت



سامانه واریزی



فناوران تجارت الکترونیک  
الماس



مشاورین بهبود روش ها و  
سامانه های مبنا



فناوری اطلاعات ناواکو



فرانگر صنعت کارت اریا



مدیریت و مهندسی کرون راد



گرایش تازه کیش



گسترش فناوری های نوین کشاورز



# لیست اعضای حقوقی

## انجمن انفورماتیک ایران

|                            |                                                                                     |                                   |                                                                                      |                           |                                                                                       |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| سامانه هوشمند سورنا        |    | توسعه سرمایه گذاری گروه آروند     |    | پارس فایبرنت              |    |
| سیمرغ سامانه تهران         |    | توسعه داده پردازی بنیس            |    | پشتیبان تدبیر آذربایجان   |    |
| شکوه تجارت صدف             |    | تامین و توسعه فناوری کوثر         |    | پردازش رایان پژواک        |    |
| شبکه گستر نسل جدید         |    | دانشگاه آزاد علوم تحقیقات خوزستان |    | پیشگازان اندیشه پویا      |    |
| فاوا موج                   |    | دانش رایان ارتباطات روز           |    | اروند رایان گستر          |    |
| فناوری اطلاعات سهلان       |    | رایان مهر الکتریک                 |    | برد پرداز رایانه          |    |
| فرا اتصال رایان عصر        |  | رهنمون فناوری اطلاعات             |  | بهاور فناوری ویرا         |  |
| فرصت کیش                   |  | رهروان طب نمین                    |  | پارسیان فیبر ارتباط       |  |
| مهندسی پیمان عمران نیرو    |  | خدمات کامپیوتری خانه سیستم        |  | پرتو بیتا جاوید           |  |
| مهندسی رادین راهبرد رایانه |  | خدمات فنی ارتباط ایران            |  | پیشرو توسعه نوآوران آرتا  |  |
| موسسه آموزشی نکوئی         |  | خدمات رایانه ای بهینه پرداز پویا  |  | توانش                     |  |
| شایان توسعه البرز          |  | خدمات آواژنگ                      |  | ترویج صنعت سومی پارسیان   |  |
| شیوه نوین ارتباط پایدار    |  | جی پارس اسپادانا                  |  | تحلیلگران شبکه گستر پارسه |  |
| شبکه پایدار فناوری اطلاعات |  | چرخه ارتباط سبز                   |  | تحلیلگران اطلاعات نگاره   |  |
| شبکه هوشمند پدیده آپادانا  |  | سرو رایانه                        |  | تحلیلگران ارتباط ایرانیان |  |

# لیست اعضای حقوقی

## انجمن انفورماتیک ایران

|                                                                                                          |  |                                       |  |                                                          |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------|--|----------------------------------------------------------|--|
| فناوران اطلاعات بهاران                                                                                   |  | مهندسی پارتیان ابتکار پایدار          |  | صبا کاربردلتا                                            |  |
| اندیشه وران                                                                                              |  | مهندسی افق داده ایرانیان              |  | شرکت مهندسی گسترش ارتباطات نو خاورمیانه                  |  |
| نفت ایرانول                                                                                              |  | نوین ارتباط نوآوا                     |  | شبکه گستر نسل جدید                                       |  |
| مهندسی فرا طرح نوین مهرگان پیشتاز                                                                        |  | شرکت توانش                            |  | فن آوری اطلاعات و ارتباطات آرمان تندیس ایرانیان (فن آرا) |  |
| اعضای حقوقی مشتریان بهره‌بردار از راه‌حل‌های نرم‌افزارهای پیشرفته سازمانی و بهره‌بردار از فناوری اطلاعات |  | اندیشه‌پرداز دوران                    |  | کارنما رایانه                                            |  |
| آوای فناوری اطلاعات سلامت                                                                                |  | گروه تجارت اوزن کیش                   |  | کیسان صنعت ایرانیان                                      |  |
| ایریسا                                                                                                   |  | انتقال داده پرشین                     |  | کیسون                                                    |  |
| مهندسی بنوان الکترونیک                                                                                   |  | ویژن پلاس اروپا                       |  | گروه مهندسين فرايند                                      |  |
| ارتباطات نت میهن                                                                                         |  | ویرا صنعت پارسه                       |  | گروه بازرگانی آریانا پارس راژمان                         |  |
| اتصال صنعت میانه                                                                                         |  | نوآوران اندیش رایانه غرب              |  | گروه داده ورز جویا                                       |  |
| بارسین تجارت پایا کیش                                                                                    |  | نوآوران سامانه سهند ایماژ             |  | لایف سرویس پارسه                                         |  |
| پتروسان کالا نماد                                                                                        |  | نوین داده پرداز روناش                 |  | مهندسی رایان توان افزار                                  |  |
| توزیع برق آذربایجان                                                                                      |  | همجو رایانه تهران                     |  | مهندسين تحليلگران آتی نگر                                |  |
| توسعه زیر ساخت سفر                                                                                       |  | اعضای حقوقی فعال در حوزه مدیریت پروژه |  | مهندسی شبکه گستر                                         |  |
| تراپربین المللی پرس                                                                                      |  | آتی سپهر توسعه آریانوآور              |  | مهندسی کارن پارت شرق                                     |  |
|                                                                                                          |  | پروژه کاران کوروش پرشیا               |  |                                                          |  |

# لیست اعضای حقوقی

## انجمن انفورماتیک ایران

تیوا سیستم



دانش گستر فرنام



مشاوره مدیریت رایزن سامانه گستر



موسسه حقوقی واقتصادی آرمان ایرانیان



طرح و توسعه الکترونیک افق



سرآمد فناوری اطلاعات



مهندسی کاربرد سیستم سدید



الماس رایان ایرانیان



سماتک



فناوری اطلاعات بین الملل



مؤسسه عالی مدیریت دانش



کهکشان نور



شرکت علم یاران



پرداز گستر تدبیر



طلیعه کاوش



گروه فنی مهندسی ایده سازان



مینگر قرن

موسسه پژوهشی پندار همایش



پارس

موسسه پژوهش و آموزش همکاران



سیستم

مهندسی اوژن تدبیر پارس



### اعضای حقوقی فعال در حوزه مشاوره

آرین



آشنا ایمن



الهه کوچک نرم افزار



تجارت الکترونیک تدبیر کیش



پردازش هوشمند البرز



خدمات مشاور خرد پیروز



زورق آرامش



راه آرمان مهر نیکان



مهندسی و ساخت بویلر مپنا



گروه کارخانجات چینی مقصود



گسترش فناوری اطلاعات



ستاره ویدا

مهندسی آریا تدبیر ایلیا



میزان گستر رایانه



طبیعت زنده



فن آوری اطلاعات ویزن



فن آوران سپاگو



### اعضای حقوقی فعال در حوزه آموزش و پژوهش

آماج فناوری اطلاعات



وارتباطات ایرانیان

آموزشکده فنی و حرفه ای سما



ارومیه