

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فرایند کاوی

کشف، تطبیق و بهبود فرایندهای کسب و کار



# فرایند کاوی

کشف، تطبیق و بهبود فرایندهای کسب و کار

ویل فان در آلست

ترجمه

دکتر سید حسین سیادت

راضیه همتی گشتاسپ

۱۳۹۴

## فهرست مطالب

سخن آغاز.....	سیزده
پیشگفتار مؤلف.....	هفده
۱. مقدمه.....	۱
۱.۱. انفجار داده.....	۱
۲.۱. محدودیت‌های مدل‌سازی.....	۳
۳.۱. فرایندکاوی.....	۱۰
۴.۱. تحلیل گزارش.....	۱۷
۵.۱. پلی‌این، پلی‌آوت و ری‌پلی.....	۲۷
۶.۱. گرایش‌ها.....	۳۱
۷.۱. دورنما.....	۳۵
بخش نخست: اطلاعات مقدماتی.....	۳۹
۲. تحلیل و مدل‌سازی فرایند.....	۴۱
۱.۲. هنر مدل‌سازی.....	۴۱
۲.۲. مدل‌های فرایندی.....	۴۴
۱.۲.۲. سیستم‌های مرحله‌ای.....	۴۵
۲.۲.۲. مدل پتری‌نت.....	۴۸
۳.۲.۲. شبکه‌های جریان کار.....	۵۶

۵۹	.....YAWL .۴ .۲ .۲
۶۳	.....۵ .۲ .۲ نماد مدل‌سازی فرایند کسب‌وکار (BPMN)
۶۵	.....۶ .۲ .۲ زنجیره فرایند مبتنی بر رویداد (EPCs)
۶۸	.....۷ .۲ .۲ شبکه‌های علی و معلولی
۷۹	.....۳ .۲ تحلیل فرایند بر مبنای مدل
۷۹	.....۱ .۳ .۲ بازبینی
۸۳	.....۲ .۳ .۲ تحلیل کارایی
۸۶	.....۳ .۳ .۲ محدودیت‌های تحلیل بر مبنای مدل
۸۹	.....۳ .۳ داده‌کاوی
۸۹	.....۱ .۳ طبقه‌بندی روش‌های داده‌کاوی
۹۰	.....۱ .۱ .۳ مجموعه داده‌ها: نمونه‌ها و متغیرها
۹۵	.....۲ .۱ .۳ یادگیری نظارت‌شده: طبقه‌بندی و رگرسیون
۹۷	.....۳ .۱ .۳ یادگیری نظارت‌نشده: دسته‌بندی و اکتشاف الگو
۹۸	.....۲ .۳ یادگیری درخت تصمیم‌گیری
۱۰۷	.....۳ .۳ دسته‌بندی k-means
۱۱۲	.....۴ .۳ یادگیری قانون وابستگی
۱۱۷	.....۵ .۳ کاوش توالی و رخداد
۱۱۷	.....۱ .۵ .۳ کاوش توالی
۱۲۰	.....۲ .۵ .۳ کاوش رخداد
۱۲۳	.....۳ .۵ .۳ شیوه‌های دیگر
۱۲۶	.....۶ .۳ کیفیت مدل‌های حاصله
۱۲۶	.....۱ .۶ .۳ سنجش عملکرد یک طبقه‌بندی‌کننده
۱۳۰	.....۲ .۶ .۳ معتبرسازی متقابل
۱۳۵	.....۳ .۶ .۳ اصل اوکام
۱۴۱	.....بخش دوم: از گزارش‌های رویداد تا مدل‌های فرایند
۱۴۳	.....۴ . جمع‌آوری داده

۱۴۳	۱. منابع داده‌ای
۱۴۸	۲. گزارش‌های رویداد
۱۶۳	۳. XES
۱۷۴	۴. گنجاندن حقیقت در گزارش‌های رویداد
۱۸۷	<b>۵. کشف فرایند</b>
۱۸۷	مقدمه
۱۸۷	۱. بیان مسئله
۱۹۳	۲. یک الگوریتم ساده برای کشف فرایند
۱۹۴	۱. ۲. ۵. ایده‌آسی
۱۹۹	۲. ۲. ۵. الگوریتم
۲۰۴	۳. ۲. ۵. محدودیت‌های الگوریتم آلفا
۲۱۰	۴. ۲. ۵. چرخه حیات تراکشی را در نظر بگیرید
۲۱۱	۳. ۵. کشف مجدد مدل‌های فرایند
۲۱۷	۴. ۵. چالش‌ها
۲۱۷	۱. ۴. ۵. انحراف نمایشی
۲۲۱	۲. ۴. ۵. داده پرت و نقص‌های موجود در گزارش‌های رویداد
۲۲۶	۳. ۴. ۵. چهار معیار رقابتی کیفیت
۲۳۳	۴. ۴. ۵. در نظر گرفتن قطعه‌دو بعدی مناسب از یک واقعیت سه بعدی
۲۳۷	<b>۶. روش‌های کشف فرایند پیشرفته</b>
۲۳۷	مقدمه
۲۳۷	۱. ۶. نمای کلی
۲۴۰	۱. ۱. ۶. ویژگی ۱: اریب نمایشی
۲۴۲	۲. ۱. ۶. ویژگی ۲: توانایی مقابله با اختلال‌ها
۲۴۲	۳. ۱. ۶. ویژگی ۳: فرض مفهوم تمامیت
۲۴۳	۴. ۱. ۶. ویژگی ۴: رویکردهای به کار گرفته شده
۲۴۳	۱. ۴. ۱. ۶. رویکردهای الگوریتمی مستقیم

۲۴۴	۶. ۱. ۴. ۲. رویکردهای دو مرحله ای
۲۴۴	۶. ۱. ۴. ۳. رویکردهای هوش محاسباتی
۲۴۵	۶. ۱. ۴. ۴. رویکردهای جزئی
۲۴۶	۶. ۲. اکتشاف کاوی
۲۴۶	۶. ۲. ۱. شبکه‌های علی و معلولی بازبینی شده
۲۴۸	۶. ۲. ۲. آموزش گراف وابستگی
۲۵۲	۶. ۲. ۳. آموزش انفصال‌ها و اتصال‌ها
۲۵۶	۶. ۳. فرایند کاوی ژنتیک
۲۶۲	۶. ۴. کاوش ناحیه محور
۲۶۸	۶. ۴. ۲. کشف فرایند با استفاده از مناطق حالت محور
۲۷۲	۶. ۴. ۳. کشف فرایند با استفاده از مناطق زبان محور
۲۷۷	۶. ۵. چشم انداز تاریخی
۲۸۵	<b>بخش سوم: ماورای کشف فرایند</b>
۲۸۷	۷. <b>بررسی تطبیقی</b>
۲۸۷	۷. ۱. جهت‌گیری کسب‌وکار و ارزیابی آن
۲۹۱	۷. ۲. بازپخش نشانه‌ها
۳۰۷	۷. ۳. مقایسه روابط موجود
۳۱۲	Declare: یک زبان جریان کار محدودیت محور
۳۱۴	۷. ۴. سایر کاربردهای بررسی تطبیقی
۳۱۵	۷. ۴. ۲. ارزیابی الگوریتم‌های کشف فرایند
۳۱۶	۷. ۴. ۳. ارتباط گزارش رویداد و مدل فرایند
۳۲۱	<b>۸. کاوش دیدگاه‌های بیشتر</b>
۳۲۱	۸. ۱. دیدگاه‌ها
۳۲۴	۸. ۲. مشخصه‌ها: مرور کلی
۳۳۱	۸. ۳. کاوش سازمانی

۳۳۳	..... ۱. تحلیل شبکه اجتماعی
۳۴۰	..... ۲. کشف ساختارهای سازمانی
۳۴۳	..... ۳. تحلیل رفتار منبع
۳۴۴	..... حریم خصوصی و ناشناس سازی
۳۴۵	..... ۴. زمان و احتمالات
۳۵۰	..... ۵. تصمیم‌کاوی
۳۵۴	..... طبقه‌بندی در فرایندکاوی
۳۵۶	..... ۶. جمع‌بندی
۳۵۹	..... شبیه‌سازی‌های کوتاه-مدت
۳۶۱	..... <b>۹. حمایت عملیاتی</b>
۳۶۱	..... ۱. چارچوب فرایندکاوی تصحیح شده
۳۶۴	..... ۱. نقشه‌نگاری
۳۶۶	..... ۲. ارزیابی
۳۶۷	..... ۳. راهبری
۳۶۸	..... ۲. فرایندکاوی برخط
۳۷۰	..... ۳. شناسایی
۳۷۹	..... <b>بخش چهارم: فرایندکاوی در عمل</b>
۳۸۱	..... <b>۱۰. ابزارهای پشتیبانی</b>
۳۸۱	..... ۱. هوش کسب‌وکار؟
۳۸۷	..... ۲. نرم‌افزار ProM
۳۹۵	..... ۳. دیگر ابزار فرایندکاوی
۴۰۱	..... ۴. خلاصه‌ای از فصل
۴۰۳	..... <b>۱۱. تحلیل "فرایندهای لازانیا"</b>
۴۰۳	..... ۱. مشخصات "فرایندهای لازانیا"



۴۰۸	۱۱. ۲. موارد استفاده
۴۱۰	۱۱. ۳. رویکرد
۴۱۳	۱۱. ۳. ۱. مرحله ۰: برنامه‌ریزی و توجیه
۴۱۴	۱۱. ۳. ۲. مرحله ۱: استخراج
۴۱۴	۱۱. ۳. ۳. مرحله ۲: ایجاد مدل جریان- کنترل و اتصال گزارش رویداد
۴۱۵	۱۱. ۳. ۴. مرحله ۳: ایجاد مدل فرایندی یکپارچه
۴۱۵	۱۱. ۳. ۵. مرحله ۴: حمایت عملیاتی
۴۱۶	۱۱. ۴. کاربردها
۴۱۶	۱۱. ۴. ۱. فرصت‌های فرایندکاوی در حوزه کارکردی
۴۱۸	۱۱. ۴. ۲. فرصت‌های فرایندکاوی در هر بخش
۴۲۴	۱۱. ۴. ۳. دو فرایند لازانیا
۴۳۵	۱۲. تحلیل فرایندهای اسپاگتی
۴۳۵	۱۲. ۱. تشریح و توصیف "فرایند اسپاگتی"
۴۴۰	۱۲. ۲. رویکرد
۴۴۶	۱۲. ۳. کاربردها
۴۴۶	۱۲. ۳. ۱. فرصت‌های فرایندکاوی برای فرایندهای اسپاگتی
۴۴۸	۱۲. ۳. ۲. مثال‌هایی از فرایندهای اسپاگتی
۴۴۸	۱۲. ۳. ۳. ۱. ASML
۴۵۰	۱۲. ۳. ۳. ۲. بهداشت و درمان فیلیپس
۴۵۳	۱۲. ۳. ۳. ۳. بیمارستان AMC
۴۵۷	بخش پنجم: بازتاب
۴۵۹	۱۳. نقشه‌نگاری و جهت‌یابی
۴۵۹	۱۳. ۱. نقشه‌های فرایند کسب‌وکار
۴۶۰	۱۳. ۱. ۱. کیفیت نقشه
۴۶۱	۱۳. ۱. ۲. تجمیع (aggregation) و خلاصه‌سازی (abstraction)
۴۶۴	۱۳. ۱. ۳. زوم یکپارچه

.....	۴۷۱
.....	۴۷۲
.....	۴۷۲
.....	۴۷۳
.....	۴۷۵
.....	۴۷۶
.....	۴۷۸
.....	۴۷۹
.....	۴۷۹
.....	۴۸۱
.....	۴۸۳
.....	۴۸۵
.....	۴۹۹
.....	۵۰۹
.....	۵۱۹



## سخن آغاز

کتابی که پیش روی شماست ترجمه یکی از بهترین کتابها در حوزه مدیریت فرایندهای کسب و کار و نخستین کتاب در زمینه فرایندکاوی است. حدود یک دهه از پیدایش علم فرایندکاوی می گذرد. بسیاری از دانشگاهها و گروههای تحقیقاتی در سراسر دنیا درباره این موضوع جدید پژوهش می کنند و در این راه پیشرفت‌های زیادی حاصل شده است. فرایندهای بسیاری از صنایع با تکنیک‌های فرایندکاوی، شناسایی، تجزیه و تحلیل و در نهایت بهبود یافته‌اند.

فرایندکاوی یکی از رشته‌های تحقیقاتی جدید است که میان داده‌کاوی از سویی و مدل کردن فرایندها و تحلیل آنها از سوی دیگر قرار گرفته است. «فرایندکاوی» کشف، بررسی، تطبیق و بهبود فرایندهای واقعی با استفاده از استخراج دانش از گزارشات رویداد سیستم‌های اطلاعاتی است.

هدف این کتاب آشنایی با مبحث فرایندکاوی، اصول و کارکردهای آن است. انواع مختلف فرایندکاوی از جمله اکتشاف فرایندها از گزارشات رویدادها، تطبیق و بهبود فرایندها عنوان می شوند و در کل چگونگی درک بهتر فرایندها به وسیله فرایندکاوی تشریح می شود. به همین منظور تفاوت فرایندکاوی و داده‌کاوی، تکنیک‌های فیلتر کردن و طبقه‌بندی داده‌ها و همچنین الگوریتم‌های فرایندکاوی مطرح می شوند. همچنین بازمهندسی فرایندهای کسب و کار به وسیله تکنیک‌های موردکاوی و شبیه‌سازی بحث می شود. کاربردهای متعدد فرایندکاوی (از جمله در بانک‌ها، بیمارستان‌ها، شهرداری و سازمان‌های مختلف) و نتایج آنها عنوان می شوند. در این خصوص، چالش‌های فرایندکاوی و مشکلات و موفقیت‌های پروژه‌های انجام شده در فرایندکاوی نیز گفته می شود.

با توجه به اهمیت و قابلیت‌های بی‌شمار فرایندکاوی، لزوم استفاده از فرایندکاوی در سازمان‌های ایرانی به درستی احساس می‌شود. امیدوارم که این کتاب بتواند قدم خوبی در راستای بهبود فرایندهای کسب‌وکار و تعالی سازمان‌ها در داخل کشور بردارد.

مطالعه این کتاب را به کلیه دانشجویان رشته‌های گوناگون مدیریت، فناوری اطلاعات، کامپیوتر و صنایع و همچنین مدیران و کارشناسان سازمان‌های مختلف سراسر کشور توصیه می‌نمایم.

از آنجا که متن اصلی کتاب کاملاً تخصصی بوده و از واژه‌های ادبی انگلیسی به دفعات استفاده شده است، سعی بر آن داشتیم که ترجمه آن به فارسی تا جای ممکن از شیوایی لازم برخوردار باشد. البته به‌رغم تلاش‌های انجام شده برای ترجمه واژگان، در برخی از موارد معادل‌یابی فارسی عملاً ناممکن بوده است و از واژگان اصلی در متن استفاده شده است که این امر می‌تواند خوانندگان را با واژگان مطرح در این علم آشنا سازد.

تردیدی نیست که این کتاب، به عنوان نخستین کتاب درباره فرایندکاوی، به‌رغم ویرایش‌های مکرر، خالی از اشتباه نخواهد بود. از همه استادان، مدیران و دانشجویان و علاقه‌مندان به موضوع کتاب تقاضا داریم مرا از نظرها و پیشنهادهای خود بهره‌مند سازند.

سیدحسین سیادت

زمستان ۱۳۹۴

## پیشگفتار مؤلف

فرایندکاوی ابزار جدیدی برای بهبود فرایندها در زمینه‌های گوناگون ایجاد کرده است. دو دلیل عمده برای استفاده از این فناوری جدید وجود دارد: نخستین دلیل به این موضوع بازمی‌گردد که با ثبت رویدادهای بسیاری که در سازمان‌ها صورت می‌پذیرد، در خصوص تاریخچه فرایندها اطلاعات بسیار جزئی‌ای به دست می‌آید. با این حال، با وجود داده‌های بسیار فرایندهای سازمانی، سازمان‌ها از این اطلاعات استفاده بهینه‌ای نمی‌کنند، طوری که بسیاری از مشکلات آنها به تصورات اشتباه از فرایندهای اجرایی‌شان بازمی‌گردد نه به حقایق موجود در فرایندها. دومین دلیل به این موضوع بازمی‌گردد که بسته‌های مدیریت فرایندهای کسب‌وکار (BPM) و نرم‌افزارهای هوش تجاری (BI) به عنوان راه‌حلی شگفت‌انگیز بین سازمان‌ها جایگاه خود را یافته‌اند. با آنکه فناوری‌های BPM و BI توجه بسیاری را به خود جلب کرده‌اند، هنوز هم نتوانسته‌اند پاسخگوی انتظارات رو به افزایش افراد دانشگاهی، مشاوران و فروشندگان نرم‌افزاری باشند.

فرایندکاوی رویکرد جدیدی است که در آن از مجموعه‌ای از ابزارهای جامع برای ایجاد بینش‌هایی حقیقت‌محور استفاده شده و برای پشتیبانی از بهبود فرایندها به کار گرفته می‌شوند. این رویکرد جدید بر مبنای رویکردهای موجود در استخراج مدل‌های فرایندی و داده‌کاوی ایجاد شده است. با وجود این، فرایندکاوی چیزی بیشتر از ترکیب رویکردهای موجود است. به‌طور مثال روش‌های موجود داده‌کاوی برای ایجاد درکی جامع از فرایندهای نهایی سازمان بسیار داده‌محورند. ابزار BI بر داشبردهای ساده‌ای متمرکز شده‌اند و بیشتر به‌جای ایجاد

بینش‌هایی روشن از کسب‌وکار به گزارش‌گیری می‌پردازند. BPM تا حد بسیار زیادی بر مبنای مدل‌هایی است که توسط متخصصان بر مبنای فرایندهای ایده‌آل شکل گرفته است و به ذی‌نفعان برای درک فرایندهای جاری کمکی نمی‌کند.

در این کتاب به تعدادی از روش‌های فرایندکاوی که سازمان‌ها به کمک آنها می‌توانند فرایندهای حقیقی کسب‌وکارشان را کشف کنند، پرداخته شده است. فرایندکاوی تنها به کشف فرایند منحصر نمی‌شود. با ترکیب داده‌های رویداد و مدل‌های فرایند می‌توان میزان انطباق وضعیت موجود و مدل‌های فرایندی را بررسی کرد، انحرافات را تشخیص داد، تأخیرات را پیش‌بینی کرد، از تصمیم‌گیری‌ها پشتیبانی کرد و بازطراحی‌های فرایند را پیشنهاد داد. فرایندکاوی زندگی را در قالب مدل‌های ثابت فرایندی به نمایش درمی‌آورد و حجم انبوه داده‌های امروز را در قالب فرایند به تصویر می‌کشد. از این رو روندهای مدیریتی که به بهبودهای فرایندی مرتبط است (همچون شش‌سیگما، TQM، CPI و CPM) و نیز انطباق‌پذیری‌ها (SOX، BAM و ...) می‌توانند از فرایندکاوی بهره ببرند.

همان‌گونه که در این کتاب شرح داده شده، فرایندکاوی در دههٔ اخیر شکل گرفته است (۱۰۲ و ۱۰۶)؛ با وجود این، تاریخ اولیهٔ شکل‌گیری آن به حدود نیم قرن پیش بازمی‌گردد. به‌طور مثال انیل نرود در سال ۱۹۵۸ بر مبنای رویه‌های نمونه‌ای مشاهده‌شده رویکردی را برای بیان ترکیب‌های مختلفی از فرایند مربوط ارائه کرده است (۷۱). کارل آدام پتری در سال ۱۹۶۲ اولین زبان مدل‌سازی را که بتواند فرایندهای همزمان را به‌صورت مؤثری به تصویر بکشد، معرفی کرد (۷۳). مارک گولد در سال ۱۹۶۷ نخستین کسی بود که نمادهای مرتبط به یادگیری را به‌طور نظام‌مند استخراج کرد (۴۵). زمانی که داده‌کاوی در قرن نوزدهم شروع به رشد کرد، توجه بسیار کمی به فرایندها می‌شد. با حضور گستردهٔ گزارش‌های رویداد شرایط برای کشف فرایندهای نهایی ایجاد شد. از زمان نخستین تحقیق فرایندکاوی در سال ۲۰۰۳ (۱۰۲)، پیشرفت این جریان رو به رشد بوده است. روش‌های فرایندکاوی شروع به بلوغ کردند و با ابزار مختلفی پشتیبانی شدند. علاوه بر این، برخلاف توجه اولیه‌ای که به کشف فرایند می‌شد، دامنهٔ فرایندکاوی به‌طور محسوسی گسترده شد. به‌طور مثال کاربردهای بررسی میزان انطباق‌پذیری، فرایندکاوی چندبعدی و پشتیبانی عملیاتی به‌عنوان اجزایی از ProM که یکی از ابزار پرکاربرد فرایندکاوی است، درآمده‌اند.

این کتاب نخستین کتاب در زمینهٔ فرایندکاوی است. بنابراین مخاطبان آن بسیار

گسترده‌اند. در این کتاب نگاهی جامع به فرایندکاوی شده است و هدف آن معرفی این موضوع به شاغلان، دانشجویان و افراد دانشگاهی است. این کتاب برای افرادی مناسب است که موضوع برای آنها جدید است؛ از طرف دیگر، در این کتاب مفاهیم مهم در آن، به صورت جزئی تشریح شده که می‌تواند مرجعی مفید برای افرادی باشد که با BPM یا BI سروکار دارند. هدف، بیان موضع فرایندکاوی به صورت کاملاً مستقل است و سعی شده است به بیان دامنه کامل فرایندکاوی، از کشف فرایند تا پشتیبانی عملیاتی پرداخته شود.

خواننده این کتاب می‌تواند از فرایندکاوی به علت قابلیت کاربردپذیری روش‌ها، در دسترس بودن نرم‌افزارهای فرایندکاوی و داده‌های رویدادهای بسیار زیادی که در سیستم‌های اطلاعاتی امروزه موجود است به صورت عملی استفاده کند.

ویل فان در آلست