

رتبه اول مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۴۰۱ در مقطع دکتری، بخش شبکه آب و فاضلاب  
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشکده فنی، دانشکده مهندسی عمران

عنوان: بررسی عوامل و فرآیندهای موثر بر پذیرش رفتارهای مدیریتی مصرف آب خانگی: کاربرد تئوری‌های روانشناختی و

مدل‌سازی عامل بنیان

نگارش: سید احمدرضا شاهنگیان

استاد راهنما: دکتر مسعود تابش

استاد مشاور: دکتر مسعود یزدان‌پناه

تاریخ: مرداد ۱۴۰۱

## چکیده

علاوه بر این، متولیان صنعت آب معمولاً تقاضای آب را با استفاده از مدل‌های مصرف سرانه یا مدل‌های آماری که رفتار مصرف‌کننده را ثابت فرض می‌کنند، تخمین می‌زنند. در حالی که رفتارهای مصرف و حفاظت از آب افراد در پاسخ به تعاملات اقتصادی، اقلیمی، هنجاری و اجتماعی تغییر می‌کنند. همچنین مصرف‌کنندگان در انتخاب فناوری‌ها و رفتارهای حفاظت از آب، تحت تأثیر سیاست‌ها و انتخاب‌های دیگر مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرند. اگرچه رفتار افراد پویا و پیچیده بوده و در شرایط مختلف متفاوت است، اما با این حال عوامل اجتماعی-روانشناختی می‌توانند نقشی حیاتی در برانگیختن رفتارهای حفاظت از آب داشته باشند. علاوه بر این، مدل‌های عامل بنیان به منظور شبیه‌سازی گسترش (انتشار) فناوری و رفتارهای حفاظت از آب در یک جامعه توسعه یافته‌اند تا مدل‌های پیش‌بینی تقاضای آب را بهبود بخشند. از این‌رو، گنجاندن تئوری‌های روانشناختی که برای توضیح رفتارهای انسان و پرداختن به پیچیدگی‌های آن توسعه یافته‌اند، درون مدل‌های عامل بنیانی که قرار است توصیفی میکرومقیاس از رفتارها و پدیده‌های اجتماعی در میان عامل‌های فردی داشته باشند، می‌تواند بینش عمیقی را در حوزه شناخت رفتارهای مصرف و حفاظت از آب و مکانیسم‌های اساسی مؤثر بر پذیرش آنها با ارائه یک چارچوب تحلیلی اکتشافی جامع فراهم آورد.

هدف تحقیق حاضر، ارائه یک چارچوب مفهومی نوآورانه به منظور شبیه‌سازی پذیرش رفتارهای حفاظت از آب خانگی و به‌طور خاص رفتارهای افزایش بهره‌وری آب بود که در آن یک مدل عامل بنیان

در حال حاضر نگرانی از عدم امنیت آب ناشی از کمبود آب، زندگی و معیشت بشریت را در سراسر جهان تهدید می‌کند. نواحی شهری به‌ویژه در برابر کمبود آب آسیب‌پذیر هستند، جایی که تضمین امنیت آب آینده به یک چالش سیاسی مهم برای تصمیم‌گیران تبدیل شده که ناشی از افزایش تقاضای آب و کاهش منابع عرضه است. با توجه به اختصاص سهم عمده تقاضای آب شهری به خانوارها و پتانسیل آنها برای صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف آب، پیش‌بینی و مدیریت تقاضای آب خانگی از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه مدیریت تقاضای آب در بخش خانگی، بر طراحی و اجرای اقداماتی با هدف تشویق خانوارها به پذیرش داوطلبانه رفتارهای حفاظت از آب خانگی متمرکز شده است. با این حال، از آنجا که ماهیت این رفتارها داوطلبانه بوده و نه اجباری، استراتژی‌های ترویج رفتارهای حفاظت از آب نمی‌توانند موفقیت‌آمیز باشند، مگر اینکه خانوارها داوطلبانه در انجام آنها از طریق پذیرش رفتارهای صرفه‌جویی یا افزایش بهره‌وری آب مشارکت کنند. لذا، درک رفتارهای حفاظت از آب افراد و شناسایی عوامل تعیین‌کننده و مکانیسم‌های زیربنایی پذیرش داوطلبانه آنها، از جمله ملاحظات سیاسی اساسی در طراحی مداخلات رفتاری مؤثر برای ایجاد رفتارهای مصرف آب پایدار است. روانشناسی محیط‌زیستی با شناخت محرک‌ها و فرآیندهای اجتماعی-روانشناختی بنیادی حفاظت از آب، نه تنها مبنایی اساسی را برای بررسی ماهیت رفتارهای حفاظت از آب ارائه می‌دهد، بلکه سیاست‌گذاران را نیز نسبت به طراحی و اجرای سیاست‌های مدیریت تقاضای آب کارآمدتر آگاه می‌کند.

ترکیبی به کمک نتایج مدل‌سازی رفتاری توسعه داده شد. لذا، تحقیق حاضر در سه فاز مختلف زیر تعریف و انجام شد: (۱) از طریق یک مطالعه کتابخانه‌ای، یک چارچوب مفهومی جامع در بحث مدل‌سازی و ارزیابی یکپارچه سیستم آب شهری استخراج و پیشنهاد شد. به‌علاوه، با مروری بر انواع رویکردهای رایج موجود در مدل‌سازی و ارزیابی یکپارچه، رویکرد مدل‌سازی متناسب با نیاز و هدف تحقیق حاضر انتخاب شد؛ (۲) از طریق انجام یک تحقیق پیمایشی در میان خانوارهای شهر تهران (به‌عنوان منطقه مورد مطالعه)، با کاربرد خلاقانه چارچوب‌های روانشناختی قابل‌قبول و شناخته‌شده و یا توسعه نوآورانه آنها، به مطالعه و بررسی پیش‌نیازها و عوامل تعیین‌کننده اجتماعی-روانشناختی اساسی مؤثر بر تمایلات رفتاری و رفتارهای حفاظت از آب خانگی پرداخته شد. لازم به ذکر است که اگرچه رفتارهای افزایش بهره‌وری آب و رفتارهای صرفه‌جویی در مصرف آب به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند، اما تمرکز اصلی تحقیق حاضر عمدتاً به بررسی رفتارهای افزایش بهره‌وری آب معطوف بود. همچنین، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد؛ و (۳) با توجه به توانایی‌های رویکرد مدل‌سازی عامل بنیان، از آن در مدل‌سازی پذیرش رفتارهای افزایش بهره‌وری آب خانگی و کمی‌سازی نتایج استفاده شد. به‌طور کلی محیط پویای مدل عامل بنیان ارائه‌شده، تعاملات عامل‌های خانوار با یکدیگر و محیط اجتماعی آنها را درون چارچوب فرضیه دینامیکی این پژوهش شبیه‌سازی می‌کند که در آن هر یک از عامل‌ها براساس قوانین تصمیم‌گیری فردی و در تعامل با دیگر عامل‌ها، نسبت به پذیرش یا عدم‌پذیرش فناوری‌های (تکنولوژی‌های) حفاظت از آب و همچنین انتخاب نوع فناوری‌ها (بر اساس ترکیبی از سطح ترجیح رفتارهای افزایش بهره‌وری آب و درآمد) تصمیم‌گیری می‌کنند. لازم به توضیح است که به‌منظور ارائه دیدگاه واقع‌بینانه‌تری از شرایط حاکم بر مسئله، در این چارچوب فرآیندی نیز برای تغییر (به‌روزرسانی) مصرف آب عامل‌های خانوار براساس سطح پذیرش رفتارهای صرفه‌جویی آب آنها در نظر گرفته شد. نتیجه چنین تعاملاتی در مقیاس میکرو، منجر به تغییرات مصرف آب عامل‌های خانوار بسته به نوع فناوری‌های پذیرش‌شده و سطح پذیرش رفتارهای صرفه‌جویی آب و نهایتاً تاثیرگذاری بر مصرف آب کل آنها در مقیاس ماکرو (کلان) می‌شود.

به‌طور کلی، مهم‌ترین نتایج تحقیق حاضر عبارتند از: (۱) تئوری‌های اجتماعی-روانشناختی، نه تنها چارچوب‌های تحقیقاتی کاربردی و مفیدی را به‌منظور درک و بررسی تمایلات رفتاری و رفتارهای حفاظت از آب خانگی و عوامل تعیین‌کننده و سازوکارهای (مکانیسم‌های) زیربنایی آنها فراهم می‌کنند، بلکه ابزارهای سیاستی مناسبی را نیز در اختیار سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران قرار می‌دهند؛ (۲) در مدل تئوری رفتار برنامه‌ریزی‌شده توسعه‌یافته، متغیرهای آشنایی و کنترل رفتاری درک‌شده کلیدی‌ترین متغیرها در تبیین تمایل و رفتارهای افزایش بهره‌وری آب بودند؛ (۳) در مدل تئوری شناخت اجتماعی، متغیرهای انتظار نتیجه و خودکارآمدی مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کننده تمایلات رفتاری بودند و متغیرهای تمایلات رفتاری، خودکارآمدی، درک از رفتار دیگران و عوامل اجتماعی-ساختاری (موانع) به‌عنوان تعیین‌کننده‌های معنی‌دار رفتارهای افزایش بهره‌وری آب ظاهر شدند؛ (۴) مقایسه عوامل تعیین‌کننده مؤثر بر تمایل به پذیرش رفتارهای صرفه‌جویی و افزایش

بهره‌وری آب به کمک مدل باور سلامتی، مشخص کرد که تفاوت‌های قابل‌توجهی بین آنها وجود دارد که بایستی مورد توجه قرار گیرد؛ (۵) مدل عامل بنیان ترکیبی ارائه‌شده، دیدگاه مناسبی را به‌منظور شبیه‌سازی فرآیند تاثیرپذیری عامل‌ها از یکدیگر (نفوذ شبکه اجتماعی) و تصمیم‌گیری آنها در قبال پذیرش رفتارهای حفاظت از آب فراهم کرد؛ (۶) فرآیند نفوذ شبکه اجتماعی، عامل مهم و تاثیرگذاری در نرخ پذیرش رفتارهای افزایش بهره‌وری آب (فناوری‌های حفاظت از آب) و رفتارهای صرفه‌جویی آب و به تبع آن، تغییر در سرانه مصرف آب عامل خانوار بود که نشان‌دهنده اهمیت محیط اجتماعی و تعاملاتی میان عامل‌های خانوار است؛ (۷) اگرچه نرخ کلی پذیرش فناوری‌های حفاظت از آب تحت اعمال سناریوهای مختلف مدیریت تقاضای آب رشد نسبتاً قابل‌توجهی داشت، اما تغییر در نرخ پذیرش برخی از این فناوری‌ها تحت اعمال سیاست‌های متعدد مدیریت تقاضا، تغییر چندانی نداشت؛ (۸) ترویج رفتارهای حفاظت از آب، تا انتهای سال دهم و پایان دوره شبیه‌سازی به ترتیب منجر به کاهش حدوداً ۱۹ و ۳۰ درصدی در میزان مصرف آب (به‌طور متوسط ۲۱ درصد در کل دوره شبیه‌سازی) و به‌طور کلی، افزایشی ۹ درصدی در کاهش مصرف آب کل نسبت به سناریو پایه (بدون اعمال هیچ‌گونه سیاستی) شد؛ و (۹) مدل بیشترین حساسیت را نسبت به متغیر انتظار نتیجه نشان داد، به‌نحوی که تغییر در مقدار مرزی این متغیر، توانست نرخ پذیرش برخی تجهیزات را تا ۵۰ درصد و حتی بیش‌تر تحت تاثیر قرار دهد.

اگرچه تحقیق حاضر با محدودیت‌هایی روبه‌رو بود، اما رویکرد تحقیقاتی آن به لحاظ تلفیق علوم اجتماعی و دانش مهندسی و همچنین نتایج آن، بینش عمیقی را برای محققان آبی و سیاست‌گذاران فراهم کرد. با بررسی محدودیت‌های تحقیق حاضر نیز، پیشنهادهای به‌منظور توسعه آن ارائه شد که فرصتی را برای تحقیقات آینده فراهم می‌کند. به‌عنوان کلام پایانی، می‌توان اظهار کرد که نتایج فاز دوم تحقیق حاضر، نه تنها کمک کرد تا با شناسایی عوامل تعیین‌کننده و سازوکارهای کلیدی زیربنایی پذیرش رفتارهای حفاظت از آب، ساختار مدل عامل بنیان ارائه‌شده را با دیدگاه دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تری ایجاد کرد، بلکه توانست با مشخص کردن نقاط اهرم برنامه‌های حفاظت از آب، الگوی ذهنی و دیدگاه عمیقی را نیز برای در نظرگیری و اعمال سناریوهای مدیریت تقاضا با هدف ترویج این رفتارها در مدل عامل بنیان فراهم آورد.

**واژگان کلیدی:** حفاظت از آب، روانشناسی محیط‌زیستی، تئوری رفتار برنامه‌ریزی‌شده، تئوری شناخت اجتماعی، مدل باور سلامتی، مدل‌سازی عامل بنیان، رفتارهای افزایش بهره‌وری آب، رفتارهای صرفه‌جویی در مصرف آب.

رتبه دوم مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۴۰۱ در مقطع دکتری، بخش شبکه آب و فاضلاب  
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست

عنوان: توسعه یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری برای مدیریت هدررفت واقعی در سامانه‌های آبرسانی

نگارش: ایمان مصلحی بهارانچی

استاد راهنما: دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده

تاریخ: بهمن ۱۴۰۰

چکیده

هدف‌گذاری سطح نشت برای نواحی بهره‌برداری مختلف شبکه و با استفاده از بهینه‌سازی چندهدفه مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چندهدفه توسعه داده شد. در این راستا، الگوریتم ژنتیک دو هدفه و سه هدفه به‌منظور کمینه کردن هزینه کنترل فعال نشت، کمینه کردن جرم کربن انتشار یافته و بیشینه کردن حجم آب ذخیره شده با توجه به قیود بودجه‌ای در یک بازه زمانی میان مدت استفاده شد تا از این طریق سطح نشت اقتصادی کوتاه‌مدت و سطح نشت اقتصادی پایدار شبکه تعیین شود. سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری توسعه داده شده مبتنی بر روش هزینه حاشیه‌ای نیز برای پنج ناحیه بهره‌برداری مجزا از شبکه توزیع آب مشهد به‌کار گرفته شد. سامانه توسعه داده شده مجموعه‌ای از راه‌حل‌های بهینه برای برنامه‌ریزی میان‌مدت نواحی مختلف یک شبکه با توجه به محدودیت منابع مالی ارائه می‌دهد. برای استراتژی مدیریت فشار، یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری در قالب یک چارچوب ارزیابی اقتصادی با استفاده از مدل‌های اقتصادی برای هزینه‌ها و سودهای مستقیم و غیرمستقیم ناشی از اعمال طرح‌های فشار در شبکه توزیع آب توسعه داده شد. علاوه بر این، تأثیر مدیریت فشار بر کاهش شکستگی‌های گزارش شده به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فواید مستقیم ناشی از اجرای مدیریت فشار با استفاده از تئوری بیز ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده برای متدولوژی‌های توسعه داده شده در این رساله نشان داد که سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری توسعه داده شده در این رساله می‌توانند به‌عنوان ابزاری کارآمد در هدف‌گذاری سطح نشت مبتنی بر سطح اقتصادی نشت در پهنه‌های مختلف یک شبکه توزیع آب به‌صورت مجزا یا بصورت مجموع مورد استفاده قرار گیرند.

یکی از معضلات شبکه‌های آبرسانی حجم بالای نشت در آن‌ها است. با تقاضای روزافزون جمعیت رو به رشد، محدودیت منابع آبی و هزینه‌های رو به افزایش که در نتیجه افزایش تقاضا و قوانین اعمال می‌شوند، چشم‌پوشی از هدررفت آب غیرمنطقی است. از این‌رو در دهه‌های اخیر تصمیم‌گیری مؤثر و کارآمد در زمینه مدیریت هدررفت و به‌خصوص کاهش هدررفت واقعی آب در شبکه‌های توزیع آب یکی از رویکردهای اصلی شرکت‌های آب و فاضلاب است. هدف از این رساله، توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری برای استراتژی‌های کنترل و مدیریت هدررفت واقعی به‌منظور هدف‌گذاری نشت در شبکه‌های توزیع آب مبتنی بر سطح اقتصادی نشت است که بدین‌منظور استراتژی‌های کنترل فعال نشت و مدیریت فشار به‌عنوان اصلی‌ترین فعالیت‌های مربوطه مورد بررسی قرار گرفته است. در این رساله، دو سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری برای استراتژی کنترل فعال نشت توسعه داده شد که مبتنی بر روش منحنی هزینه کل و روش هزینه حاشیه‌ای هستند. در سامانه توسعه داده شده مبتنی بر روش منحنی هزینه کل، از یک متدولوژی داده‌محور استفاده شد تا با استفاده از داده‌های میدانی جریان و فشار در نقاط کلیدی شبکه، سطح اقتصادی نشت تعیین شود. علاوه بر این، به‌منظور تعیین سطح نشت شبکه از معادله توسعه یافته فاواد و یک روش داده‌کاوی داده‌های جریان با عنوان روش تعیین هسته جریان استفاده شد. هم‌چنین روشی جدید برای تعیین سطح نشت زمینه هدف، پیشنهاد شد. علاوه بر این، تحلیل حساسیت برای متغیرهای تأثیرگذار بر سطح اقتصادی نشت انجام شد. سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری توسعه داده شده برای یک ناحیه از شبکه توزیع آب شهر مشهد پیاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری توسعه داده شده مبتنی بر روش منحنی هزینه کل را برای هدف‌گذاری سطح نشت در هر ناحیه بهره‌برداری از شبکه توزیع آب می‌توان به‌کار برد. در سامانه توسعه داده شده مبتنی بر روش هزینه حاشیه‌ای، یک متدولوژی جدید برای

واژگان کلیدی: سطح اقتصادی نشت، هدررفت آب، کنترل فعال نشت، سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری، روش هزینه حاشیه‌ای، روش منحنی هزینه کل، بهینه‌سازی چندهدفه، مدیریت فشار، شبکه توزیع آب.

رتبه سوم مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۴۰۱ در مقطع دکتری، بخش شبکه آب و فاضلاب  
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشکده مهندسی عمران و معماری، گرایش مهندسی و مدیریت منابع آب  
عنوان: تعیین نشت در سیستم های آبرسانی بر اساس جریان گذرا و با رویکرد یادگیری ماشین  
نگارش: سیدامیر هوشنگ آیتی  
اساتید راهنما: دکتر علی حقیقی  
استاد مشاور: دکتر حمید رضا غفوری  
تاریخ: آذر ۱۴۰۰

## چکیده

ماشین و مدلسازی هیدرولیکی جریان گذرا برای خطوط لوله و شبکه های توزیع آب پیشنهاد شده است. هر دو رویکرد حوزه زمان و حوزه فرکانس مورد بررسی قرار گرفته و در هر مورد، پایداری روش در برابر عدم قطعیت ها مورد مطالعه قرار گرفته است. ابتدا مروری جامع بر روش های مبتنی بر مدل سازی و یادگیری ماشینی ارائه شده است. سپس یک چارچوب کلی برای تشخیص نشت با رویکرد ML/TB براساس ماشین بردار پشتیبانی در حوزه زمان معرفی شده است. پس از آن، یک مدل دو مرحله ای برای خطوط لوله در مقیاس بزرگ براساس مدل های انسمبل تهیه شده است. در مرحله بعد، یک مدل ترکیبی یادگیری ماشینی برای انتخاب ویژگی و تشخیص نشت در شبکه های توزیع آب براساس تحلیل افتراقی خطی و تحلیل جزئی همسایگی در حوزه فرکانس معرفی می شود. در ادامه، چهار روش طراحی سایت اندازه گیری از تاریخچه تحقیق اقتباس شده و برای کاربرد در تشخیص نشت با رویکرد ML/TB در حوزه فرکانس برای شبکه های آبرسانی باز تعریف شده است. نهایتاً، یک روش طراحی سایت اندازه گیری نوین مبتنی بر بهینه سازی چندهدفه براساس مفاهیم انتخاب ویژگی فیلتر و پوشش در حوزه فرکانس معرفی شده است. روش های پیشنهادی در خصوص چند شبکه مرجع و یک سیستم خط لوله آزمایشگاهی ساخته شده در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران اهواز اعمال شدند. نتایج نشان داد که مدل های معرفی شده در این مطالعه می توانند نشت ها را با دقت بالا تشخیص داده و در برابر عدم قطعیت های زیاد در ضرایب اصطکاک لوله ها و مصارف گره ای پایدار و قابل اعتماد هستند. همچنین، در مقایسه با روش های موجود، با استفاده از روش طراحی سایت پیشنهاد شده می توان نشت را با دقت بیشتر و با در نظر گرفتن گره های اندازه گیری کمتر شناسایی نمود.

**واژگان کلیدی:** یادگیری ماشینی، انتخاب ویژگی، نشت یابی، تحلیل گذرا، حوزه فرکانس.

شهرنشینی سریع و افزایش جمعیت نیاز به منابع آب شیرین را در جوامع افزایش داده است. شبکه های توزیع آب تاسیسات حیاتی هستند که آب آشامیدنی با کیفیت، مطمئن و مقرون به صرفه را برای مردم فراهم می کنند و نگهداری از آن ها نقش مهمی در سلامت و اقتصاد شهر ایفا می کند. سال ها است که نشت در شبکه های توزیع آب باعث ایجاد مشکلات جدی در مدیریت بهره برداری شده و هزینه های بالایی را به سبب از دست رفتن مقادیر قابل ملاحظه آب شرب تحمیل کرده است. تشخیص زود هنگام نشت باعث صرفه جویی در منابع آب و جلوگیری از تبدیل نشت های کوچک به شکستگی های بزرگ می شود. همچنین این موضوع به دلایل اقتصادی، محیط زیستی، حسن اعتبار و رضایت عمومی برای شرکت های آب از اهمیت بالایی برخوردار است. طی دهه های گذشته، روش های غیرتهاجمی مختلفی برای تشخیص نشت در شبکه های توزیع معرفی شده است. بخش بزرگی از آن ها تکنیک های مبتنی بر مدل سازی هستند که عمدتاً رویکرد حل معکوس مسئله را به کار می برند. دقت و قابلیت اعتماد این روش ها به میزان تطابق مدل شبیه سازی و شبکه واقعی بستگی دارد و اغلب دارای پاسخ های غیر یکتا هستند. در میان آن ها، روش های مبتنی بر تحلیل گذرا به دلیل استفاده از سیگنال های پاسخ فرکانس بالا عملکرد بالاتری دارند. در دهه گذشته، به منظور رفع برخی نواقص روش های مبتنی بر مدل سازی، روش هایی مبتنی بر یادگیری ماشینی ارائه شد. عملکرد روش های مبتنی بر یادگیری ماشینی به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر کیفیت و کمیت داده های مورد استفاده است. علی رغم محتوای اطلاعاتی بالا در پاسخ سیستم در تحلیل گذرا، اکثر روش های موجود مبتنی بر یادگیری ماشینی از شبیه سازی هیدرولیکی غیرگذرا برای ایجاد مجموعه داده های مورد نیاز استفاده کرده اند.

این پایان نامه زمینه تحقیقاتی جدیدی را در تشخیص نشت براساس مدل سازی و یادگیری ماشینی به نام ML/TB معرفی می کند. برای این منظور، مجموعه ای از مدل های تشخیص نشت ترکیبی براساس یادگیری