استانداردهای TPACK
آموزش معلمان و مدل توسعه[1]

ترجمه: فاطمه حاج‌عزیزی، کارشناس ارشد آموزش ریاضی
زهرا گویا، استاد آموزش ریاضی

مارگارت نیس[2]، دانشگاه ایالتی اورگان؛
رابرت رونا[3]، دانشگاه لویی‌ویل؛
کاترین شافر[4]، دانشگاه ایالتی بال؛
شانون دریسکل[5]، دانشگاه دِیتون؛
سوزان هارپر[6]، دانشگاه میامی؛
کریستوفر جانستون[7]، دانشگاه جورج میسون؛
کریستین برونینگ[8]، دانشگاه میشیگان غربی؛
آسلی اوزگان[9]، دانشگاه ایالتی وین؛
گلادیس کرسینت[10]، دانشگاه فلوریدا جنوبی

چکیده

برای آموزش ریاضی از طریق تکنولوژی‌های دیجیتالی، چه دانشی مورد نیاز است؟ سازهٔ جامعی که به آن تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی[11] گفته می‌شود، به عنوان اشتراک سه حوزهٔ تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی مطرح شده است. استانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی معلمان ریاضی، در حقیقت راه‌کارهایی برای چگونگی تفکر راجع به این سازه ارائه می‌دهند. مدل توسعهٔ حرفه‌ای معلمان ریاضی، به توصیف و توسعهٔ تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی پرداخته و در راستای این استانداردها، تبیین شده است. این استانداردها و مدل تبیین شده مبتنی بر آن‌ها، به منظور کمک‌رسانی و پیشبرد کارِ گروه‌های مختلف، جزئیات ساختار یافته‌ای را در قالب پروپزال‌هایی فراهم کرده‌اند تا بتوانند معلمان، پژوهشگران، آموزشگران معلمان، مشاوران توسعهٔ حرفه‌ای معلمان و مدیران مدارس را در توسعه و ارزیابی فعالیت‌های توسعه حرفه‌ای، برنامه‌های آموزشیِ ریاضی و فعالیت‌های ریاضی مدارس، راهنمایی کنند.

کلیدواژه‌ها: آموزش ریاضی، تکنولوژی‌های دیجیتالی، استانداردهای تکنولوژی- پداگوژی و دانش محتوایی، مدل توسعهٔ حرفه‌ای معلمان ریاضی

در سال ۱۹۸۶، لی شولمن با استفاده از یک سازه که آن را «دانش محتوایی پداگوژیکی[12]» نامید، مسیر جدیدی را دربارهٔ دانش مورد نیاز معلمان برای تدریس ریاضی، آغاز کرد. این مسیر جدید، از اشتراک دانش محتوایی (دانشی که پیش‌تر، دانش اولیه برای معلمان در نظر گرفته می‌شد) و دانش پداگوژیکی (دانشِ مربوط به یاددهی و یادگیری) ایجاد شده است. اشتراک این دو حوزهٔ دانش یا همان دانش محتوایی پداگوژیکی، به عنوان روشی برای بازنمایی و صورت‌بندی دانش موضوعی- دانشی که موضوع را برای یادگیرندگان ملموس و قابل درک می‌سازد- توصیف شده است (شولمن، ۱۹۸۶، ۱۹۸۷؛ ویلسون، شولمن و ریچرت، ۱۹۸۷). شولمن (۱۹۸۶) به طور مشخص‌تر، «دانش محتوایی پداگوژیکیِ» یک معلم را به عنوان دانشِ مباحثی که در یک زمینه موضوعی، بارها و مستمر تدریس شده‌اند، سودمندترین صورت بازنمایی آن ایده‌ها، و قدرتمندترین استدلال‌ها، تمثیل‌ها، تصویرها، مثال‌ها، توضیح‌ها، اثبات‌ها و نظایر آن، شامل دانش و توانایی معلمان نسبت به هر چیزی است که می‌توانند یادگیری مفاهیم خاص را، دشوار یا آسان سازند. این دانش، به توصیف مفاهیم و پیش‌فرض‌هایی می‌پردازد که یادگیری دانش‌آموزان را در سنین و پیش‌زمینه‌های مختلف، ممکن می‌سازد.

طی بحث‌های اولیه پیرامون چگونگی توسعهٔ دانش تدریسی معلمان، برنامه‌های آماده‌سازی معلمان به چالش کشیده شدند. بعضی از این برنامه‌ها، به منظور توسعهٔ شش حوزهٔ اصلیِ دانش طراحی شده بودند که به نظر می‌رسید برای آموزش مؤثر معلمان، ضروری هستند. این دانش‌ها عبارت بودند از دانش موضوعی، دانش پداگوژیکی، دانش مربوط به مدرسه، دانش یادگیرندگان، دانش برنامهٔ درسی و بالاخره، «دانش محتوایی پداگوژیکی» که ماهیت آن به نوعی، فصل مشترک پنج حوزهٔ دانشی نام برده شده بود (نیس، ۲۰۰۱). این ارتباط، به عنوان یک ساختار پیچیده و یکپارچه در نظر گرفته می‌شد که در آن، هیچ

حـــوزه‌ای به‌طور کاملاً متمایز یا مجزا از ســـایر حوزه‌ها، شـــمرده نمی‌شد و بیشتر، شـــامل مقداری همپوشانی و تعامل بین حوزه‌هایی بود که به‌طور مداوم، در حال تغییر بودند و به دانشـــجو- معلمان کمـــک می‌کرد که عوامل چندگانهٔ تأثیرگذار را بر یادگیری دانش‌آموز، درک نموده و اولویت‌بندی کنند.

طی پژوهش‌های متعددی که در این حوزه و توسط پژوهشـــگران آموزش ریاضی انجام شد، دانش محتوایی پداگوژیکی که محتوای تلفیقی داشت، باعث ایجاد بینشی جدید برای آماده‌سازی توسعهٔ دانش محتوایی پداگوژیکیِ دانشجو- معلمان ریاضی شد (بال، ۱۹۸۸؛ سیویل، ۱۹۹۲؛ گروسمن۱۹۹۱؛ سایمن و بروبک، ۱۹۹۳؛ سایمن و مازا ۱۹۹۳؛ ویلکاکـــس، ۱۹۹۰). برای نمونه، نتیجه پژوهش گراسمن (۱۹۸۹، ۱۹۹۰)، شناسایی و معرفی چهار مؤلفهٔ اساسیِ دانش محتوایی پداگوژیکی بود که تمرکز آن‌ها، بر توصیف دانش‌هایی بود که لازم است در برنامه‌های پیش از خدمت معلمان، لحاظ شـــوند. این چهار مؤلفه از این قرار بودند:

الف) مفهوم جامعی از تدریس یک موضوع خاص

ب) دانش بازنمایی‌ها و استراتژی‌های آموزشی برای تدریس مباحث یک موضوع خاص

ج) دانـــش مربوط بـــه درک و فهـــم فرایند تفکر و یادگیری دانش‌آموزان در آن حوزهٔ موضوعی خاص

د) دانش مربوط به برنامهٔ درسی و چگونگی یادگیری محتوا (بورکوو پرتنام، ۱۹۹۶.)

همچنان‌که این درک نســـبت بـــه دانش محتوایی پداگوژیکی به تدریج توسعه پیدا می‌کرد، تکنولوژی‌های دیجیتالی مدرن نیز به عنوان ابزاری ســـودمند در فرایند یاددهی و یادگیری، تولید شـــده و شـــناخته شدند. در اواخر دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میـــلادی، توجه حوزهٔ آموزش ریاضی، بر شناســـایی زمان و محل مناسب برای استفاده از تکنولوژی دیجیتال در تدریس ریاضی، معطوف شد. در همین راستا، طیف وسیعی از برنامه‌های نرم‌افزاری، تکرار و تمرین در محیط‌های مختلفی را فراهم نمود که بسیار ســـرگرم‌کننده‌تر از کاربرگه‌های مداد- کاغذی سنتی به منظور ارائهٔ تمرین‌هایی برای مهارت‌های محاسباتی بود. ماشین‌حساب‌های گرافیکی، قابلیت‌های جدیدی را برای ایجاد و ارتقای توانایی‌های دیداری (بصری) دانش‌آموزان از طریـــق بهره‌گیری از انواع نمودارها، برای نشـــان دادن ایده‌های ریاضی مانند شـــیب، عرض از مبدأ برای توابع خطـــی و نقاط اشـــتراک توابع چندگانـــه، به‌وجود آورد. در ابتدا، هدف از بـــه کارگیری تکنولوژی‌های دیجیتالی برای تدریس مفاهیم ریاضی، نمایش و بررســـیِ درستی ایده‌هایـــی بود که قبلاً در کلاس درس، معرفی شـــده و بعد، توسعه و بســـط داده شده بودند. با چنین دیدگاهی نسبت به تکنولوژی، استفاده از انواع ماشین‌حساب‌ها- از ماشین‌حساب‌های ساده شامل چهار عمل اصلی گرفته تا ماشین‌حساب‌های علمی- مبتنی بر این باور بود که این ابزارها، بیشـــتر در جهت بی‌اهمیت شدن ریاضی هستند تا اینکه به یادگیری ریاضی دانش‌آموزان کمک کنند. در واقع، عـــدم وجود یکپارچگیِ عمیق در این تکنولوژی‌ها، تأسف کاپوت (۱۹۹۲) را برانگیخت که «به نظر می‌رسد در دهه‌های پیش رو، محدودیت‌های اصلی در اســـتفاده از کامپیوتر، به جای محدودیت‌های تکنولوژیکی، بیشتر نتیجهٔ تخیلات انسانیِ محدود و محدودیت‌های ناشی از ساختارهای اجتماعی و عادت‌های قدیمی باشد.»

همچنیـــن، در اواخـــر دهـــهٔ ۸۰ و اوایـــل دههٔ ۹۰ میلادی، بررســـی دانش محتوایـــی پداگوژیکی معلمان ریاضی، مفهوم جامعی را آشـــکار کرد که نشـــان می‌داد بـــاور معلمان در مورد چگونگـــی تدریس ریاضی، عموماً با نحوه‌ای که خودشـــان ریاضی را یاد گرفته‌اند، مطابقت دارد. در نتیجه طبیعی بود که تنها تعداد کمی از معلمان، استفاده از ماشین‌حساب‌های گرافیکی، صفحات گسترده و نرم‌افزارهایی مانند لوگو و «جئومتریک ساپوزِر[۱۳]» را در تدریس ریاضی، پذیرفتند. در صورتیکه اکثریت آنان، این تکنولوژی‌ها را قبول نداشـــتند. بدین سبب دانش ناکافیِ معلمـــان ریاضـــی از بازنمایی‌ها و راهبردهای آموزشـــی برای تدریس موضوع‌هـــای ریاضی خاص، کاربرد چنین تکنولوژی‌های دیجیتالی را محدود به نشان دادن، بررسی درستی و تکرار و تمرین یک موضوع نمود. در حالی‌که تا آن زمان و پیش از توصیه به اســـتفاده از تکنولوژی‌های دیجیتالی مدرن، دانش معلمان دربارهٔ درک و فهم فرایند تفکر و یادگیری دانش‌آمـــوزان در ریاضی، به تبحر آنان در مهارت‌های قلم و کاغذی خلاصه می‌شد (کاستبرگ و لیتـــام، ۲۰۰۵؛ والن، ویلیامز و گارنـــر، ۲۰۰۳؛ یودر، ۲۰۰۰.)

به‌علاوه، تنها دسترســـی به تکنولوژی، بدون داشتن دانش لازم دربارهٔ موضوع‌های درســـی مرتبط با آن، برای ترغیب معلمان به استفاده از آن در کلاس‌های درس خود، کافی نیست (کاســـتبرگ و لیتام، ۲۰۰۵). همچنان‌که فرینـــی- ماندی و براو (۲۰۰۸) نیز تأکید کردند، «بدون طراحی آموزش‌های حرفه‌ای کـــه به معلمان، چگونگی تلفیق تکنولـــوژی را با موضوع ریاضی مورد تدریس آنان بیاموزد، نمی‌توان انتظار داشـــت که معلمان، بخواهند یا بتوانند در طراحی فعالیت‌های ریاضی برای تدریس خود، از تکنولوژی به طور معنادار، استفاده کنند.»

اگر به ســـال‌های قبل از ۲۰۰۸ برگردیم، مشـــاهده می‌کنیم که «دانش محتوایی پداگوژیکیِ» بســـیاری از معلمان، فاقد یکپارچگی، اســـتحکام و پایداری لازم برای اســـتفاده از تکنولوژی‌های دیجیتالی مدرن در آموزش و

برنامهٔ درسی ریاضی بوده است. وجود تکنولوژی‌هایی مانند ابزارهای هندسهٔ پویا یا ماشین‌حساب‌های گرافیکی پیشرفته با «سیستم‌های جبر کامپیوتری[۱۴]» (CAS)، عمدتاً برای مدل‌سازی و ارائهٔ مثال‌ها در کلاس درس ریاضی بود. بعد از آن، دانش‌آموزان اعمال انجام شده را تقلید نموده و از آن تکنولوژی‌ها، برای نمایش، بررسی درستی و تکرار و تمرین، استفاده می‌کردند. در حقیقت، با اینکه بعدها تکنولوژی‌های دیجیتالی توسعه پیدا کردند، ولی استراتژی‌های لازم، برای ادغام مؤثر آن تکنولوژی‌ها با یادگیری ریاضی، به همان سرعت توسعه نیافتند.

تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتواییِ ریاضی: مجموعه‌ای کامل برای تدریس ریاضی

با گذشت زمان و دسترسی بیشتر به تکنولوژی دیجیتالی و آمیخته شدن آن با کار و تفریح شهروندان، «انجمن بین‌المللی تکنولوژی و آموزش[۱۵]» (ISTE)، معلمان را برای تفکر در مورد دانش و مهارت‌های تکنولوژیکی که دانش‌آموزان در یک جامعه هوشمند تکنولوژیکی به آن احتیاج دارند، به چالش کشید. با شروع قرن ۲۱ام، «استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای دانش‌آموزان[۱۶]» (۲۰۰۰) با هدف حمایت از پیشبرد استفادهٔ مؤثر از تکنولوژی‌های مناسب در محیط مدرسه و کلاس درس، منتشر شد.

انجمن بین‌المللی تکنولوژی و آموزش، تشخیص داد که معلمان برای به کارگیری این استانداردها، به دانش متفاوتی نیاز دارند. بدین سبب این انجمن طی دو سال مطالعه، ویژگی‌های این دانش جدید را، با عنوان «استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای معلمان[۱۷]» (۲۰۰۲)، منتشر کرد و با وجودی که این استانداردها، در متن جامعهٔ دیجیتالی که به سرعت در حال تغییر بود، قرار گرفتند، اما تغییرات پیش‌بینی شده، به سختی در محیط آموزشی واقعی، یعنی کلاس درس، راه باز کرد بنابراین، انجمن بین‌المللی تکنولوژی و آموزش، تمرکز استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای معلمان را به جای دانش و مهارت‌های پایه‌ای مورد نیاز، بر آموزش چگونگی استفادهٔ مؤثر آنان از تکنولوژی، تغییر داد و به دنبال آن، استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای دانش‌آموزان، در سال ۲۰۰۷ به روز شدند. پس از آن، به منظور کمک به معلمان در محیط‌های یادگیری که بر پایهٔ تکنولوژی‌های متعدد بنا شده بودند، در سال ۲۰۰۸، اصلاحیه‌ای نسبت به استانداردهای سال ۲۰۰۲ منتشر کرد. در این اصلاحیه، توجه از تکنولوژی‌های دیجیتالی، به برنامهٔ درسی و کاربردهای آموزشیِ منابع و ابزارهای دیجیتالی، معطوف گردید.

ایرل (۲۰۰۲)، این تغییر را به روشنی بیان کرده است:

تلفیق تکنولوژی، در مورد تکنولوژی نیست- بلکه عمدتاً راجع به محتوا و کاربردهای آموزشی مؤثر آن است. تکنولوژی، ابزارهایی را در بر دارد که به واسطهٔ آن‌ها، می‌توانیم به تعیین محتوا و اجرای کاربردها به شیوه‌های مناسب‌تری، بپردازیم. باید تمرکز تکنولوژی، بر روی برنامهٔ درسی و یادگیری باشد. این تلفیق نباید با میزان یا نوع تکنولوژی مورد استفاده، تعریف شود. بلکه تکنولوژی، بر حسب چگونگی و چرایی استفاده از آن، مشخص می‌گردد.

پژوهشگران متعددی بر تلفیق تکنولوژی، محتوا و پداگوژی، مشابه همان روشی که شولمن، «دانش محتوایی پداگوژیکی» را توصیف نمود، متمرکز شدند تا بتوانند شناخت وسیع‌تری نسبت به دانشی که معلمان برای تدریس به وسیلهٔ تکنولوژی نیاز دارند، به دست آورند. به این دلیل، آنان «دانش محتوایی پداگوژیکی تکنولوژیکی[۱۸]» را به عنوان یکی از دانش‌های مورد نیاز معلمان، برای تدریس به وسیلهٔ تکنولوژی در حوزه‌های موضوعی و سطوح آموزشی تعیین شده‌شان، تعریف نمودند. «دانش محتوایی پداگوژیکی تکنولوژیکی»، به عنوان فصل مشترک محتوا، پداگوژی (یاددهی و یادگیری دانش‌آموزان) و تکنولوژی است که توسط پژوهشگران متعددی از جمله مارگروم- لیز و مارکس (۲۰۰۲)، میشرا و کوهلر (۲۰۰۶)، نیس (۲۰۰۵) و پیرسون (۲۰۰۱)، معرفی شده است. ایدهٔ «دانش محتوایی- پداگوژیکی- تکنولوژیکی» تا جایی توسعه یافت که «انجمن آمریکایی مراکز تربیت معلم[۱۹]»، زمینهٔ همکاری نویسندگانِ دانش محتوایی پداگوژیکی تکنولوژیکی متعددی را در تولید «دانشنامهٔ دانش محتوایی پداگوژیکی تکنولوژیکی برای آموزشگران[۲۰]»، فراهم آورد و از آنان حمایت کرد (کمیتهٔ انجمن آمریکایی مراکز تربیت معلم در رابطه با تکنولوژی و نوآوری[۲۱]، ۲۰۰۸.)

دانش «محتوایی- پداگوژیکی- تکنولوژیکی»، به عنوان اشتراک دقیق بین سه ساختار دانشی مجزای تکنولوژی، پداگوژی و محتوای تدریس، مطرح شد، ولی فراتر از این اشتراک رفته و همپوشانی ساختارهای دانش محتوایی- تکنولوژیکی[۲۲]، دانش پداگوژیکی- تکنولوژیکی[۲۳]، و دانش محتوایی- پداگوژیکی را شامل شده است (کوهلر و میشرا، ۲۰۰۸). همچنین، به واسطهٔ اهمیت تعامل بین این ساختارها، دانش «محتوایی- پداگوژیکی- تکنولوژیکی»، به مرورِ زمان، به عنوان تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی، از نو طراحی شده و به صورت بستهٔ کاملی درآمده است که برای تلفیق تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی در طراحی تدریس،

و به منظـــور ارتقای تفکر و یادگیری ریاضی به وســـیلهٔ تکنولوژی‌های دیجیتالی، مورد نیاز است (نیس، ۲۰۰۸؛ تامپســـون و میشرا، ۲۰۰۷). در نتیجه، تبیین چارچوبی پویا که بـــا ورود تکنولوژی‌های دیجیتالی به کلاس‌های درس، بتوانـــد معلمان را در رویارویی بـــا دانش‌آموزان و فضـــای جدیـــد کلاس درس کمک کنـــد، یک ضرورت است. چنین چارچوبی، مبتنی بر دانشی تلفیقی است که هم‌زمـــان بتواند تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی را در هم آمیخته و به معلمان، در طراحی برنامهٔ درســـی و تدریس با تمرکز بر این تکنولوژی‌ها، کمک کند.

اســـتانداردهای تکنولوژی- پداگـــوژی- دانش محتوایی معلمان ریاضی

«شـــورای ملی معلمـــان ریاضـــی» (NCTM) در ســـال ۲۰۰۲، با ارائه «اصل تکنولـــوژی» به عنوان یکی از اســـتانداردهای برنامهٔ درســـی ریاضی در قرن جدید، از دانش «تکنولـــوژی- پداگوژی- دانش محتوایی»، با بیان اینکه «تکنولوژی در یاددهی و یادگیری ریاضی ضروری اســـت؛ بر ریاضیاتی که تدریس می‌شود، تأثیر می‌گذارد و یادگیری دانش‌آموزان را ارتقا می‌بخشد»، حمایت کرد (شـــورای ملی معلمان ریاضی، ۲۰۰۰). این شورا، کسب انواع تجربه‌هایی را کـــه معلمان، برای آمادگی و مواجهه موفق با «اصل تکنولوژی» به عنوان یک اســـتاندارد لازم دارند، به رســـمیت شـــناخت و مورد حمایت قرار داد. به گفتهٔ این شورا، «اگر معلمان بخواهند یاد بگیرند، چگونه فضای مثبتی بسازند که در آن، حل مسئلهٔ گروهی ارتقا یابد، تکنولوژی به‌طور معنادار در آن حضور داشته باشد، در دانش‌آموزان نیاز به تفکر و کشف و خلق را ایجاد کند، قبل از همه، خودشان باید یادگیری را در چنین محیطی، تجربه کنند» (شـــورای ملی معلمـــان ریاضی، ۲۰۰۷). به‌طور مشـــابه، «اتحادیهٔ آموزشگران معلمان ریاضی[۲۴]»، «بیانیهٔ اعلام مواضع نسبت به تکنولوژی[۲۵]» را در حمایت از ضرورت ارتقای دانش تکنولوژیکی دانشـــجو- معلمان ریاضی، منتشـــر نمود. در این بیانیه آمده اســـت که «در طراحی برنامه‌های آموزش‌هـــای قبل از خدمت معلمان ریاضی، باید اطمینان حاصل نمود که برای همهٔ دانشجو- معلمـــان ریاضی و داوطلبان اخذ گواهی معلمی، فرصتی ایجاد شود تا بتوانند دانش و تجربهٔ لازم را که برای تلفیق تکنولوژی با فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی مورد نیاز است، کسب کنند» (اتحادیهٔ آموزشگران معلمان ریاضی، ۲۰۰۶). البته پرســـش اصلی به قوت خود باقی بود که «معنای این توصیه‌ها در بهبود برنامه‌های قبل از خدمت دانشجو- معلمان ریاضی، چیست؟»

برای پاســـخ به این پرسش، در «اتحادیهٔ آموزشگران معلمان ریاضی»، «کمیتهٔ تکنولوژی» تشـــکیل شد که وظیفهٔ آن، بررسی راه‌های ارتقای پژوهش، تعامل و ارزیابی کاربردهای تکنولـــوژی در آموزش معلمان ریاضی از یک سو، و معرفی سیاست‌های مرتبط با مسائل تکنولوژی در رابطه با ارتقای برنامه‌های آموزش معلمان ریاضی از سوی دیگر بود. این کمیته، کار خود را با شناســـایی مسیرها و استانداردهای تدریس ریاضی برای ارتقای توسعهٔ آموزش معلمان در قرن ۲۱اُم ، از طریق کار بر روی یک ســـری از استانداردهای خاص ریاضی مربوط به تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی، شروع کرد و بررسی عمیق آن‌ها را در دستور کار خود قرار داد.

از شـــروع ســـال ۲۰۰۷، ایـــن کمیته بـــر طراحی مجموعه‌ای از اســـتانداردهای معلمـــان ریاضی به منظور ارتقـــای ورود تکنولوژی در جریـــان یاددهی و یادگیری ریاضی در تمام پایه‌های تحصیلی (پیش‌دبستانی تا پایهٔ دوازدهم)، به‌گونه‌ای که در استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای معلمان تصور شده بود، متمرکز شد. اگرچه اســـتانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای معلمان و استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای دانش‌آموزان، دوباره مورد بازبینی قرار گرفتند و به‌روز رسانی شدند، اما هیچ یک از این دو مجموعه استانداردها، ایده‌های محتوایی خاصی را ارائه ندادند که به معلمـــان و دانش‌آموزان، در موقع اســـتفاده از تکنولوژی در یادگیری ریاضی، کمک کند. به این دلیل، در تبیین اســـتانداردهای جدید برای معلمان ریاضی، تلاش شد تا چارچوبی برای هدایت یک برنامهٔ آموزش حرفه‌ای و به منظور بهبود فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی، ارائه شـــود. موضوع این استانداردها، پیرامون ایده‌های «تکنولوژی- پداگوژی- دانش محتوایی» شـــکل گرفت که نیس (۲۰۰۵)، آن‌ها را از چهار مؤلفهٔ دانش محتوایی- پداگوژیکی گراسمن اقتباس کرده بود. این چهار موضوع، دانش معلمان را از تلفیق تکنولوژی در تدریس ریاضی، به‌عنوان دانش و باورهای معلمان ریاضی در موارد زیر، در نظر گرفت:

- مفهـــوم کلی دربارهٔ اهداف تلفیـــق تکنولوژی در تدریس ریاضی؛
- آگاهـــی از چگونگـــی درک و فهـــم و نوع تفکر و یادگیری ریاضی دانش‌آموزان به وسیلهٔ تکنولوژی؛
- آگاهی از برنامهٔ درســـی و محتوای آموزشـــی که تلفیق تکنولوژی را در فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی، تسهیل می‌کنند؛
- آگاهی از بازنمایی‌ها و استراتژی‌های آموزشی در یاددهی و یادگیری ریاضی به وسیلهٔ تکنولوژی.

در دوازدهمین کنفرانس سالانهٔ اتحادیهٔ آموزشگران معلمـــان ریاضی کـــه در ژانویـــه ۲۰۰۸ برگزار شـــد، پیش‌نویسی از این استانداردها توسط این کمیته، در یک گروه پژوهشی ارائه شد. سپس با بازتاب بر پیشنهادهایی

بدون طراحی آموزش‌های حرفه‌ای که به معلمان، چگونگی تلفیق تکنولوژی را با موضوع ریاضی مورد تدریس آنان بیاموزد، نمی‌توان انتظار داشت که معلمان، بخواهند یا بتوانند در طراحی فعالیت‌های ریاضی برای تدریس خود، از تکنولوژی به طور معنادار، استفاده کنند

که در این گروه مطرح شد، تغییراتی در این استانداردها اعمال شد. آن‌گاه پیش‌نویس به‌روز شده استانداردها، در نوزدهمین کنفرانس «انجمن فناوری اطلاعات و آموزش معلمان[۲۶]»، عرضه گردید. در این کنفرانس هم بازخوردهای شرکت‌کنندگان، جمع‌آوری شدند و در تکمیل این روند، کمیته تکنولوژی اتحادیه آموزشگران معلمان ریاضی، با در نظر گرفتن تمام نظرات و بازخوردها، در استانداردهای پیشنهادی تجدید نظر نمود و آن‌ها را به شرکت‌کنندگان در این گروه پژوهشی و میزگرد «انجمن فناوری اطلاعات و آموزش معلمان»، ارائه داده و از همه، درخواست نمود تا بازخوردهای خود را به کمیته بدهند. سپس در کمیتهٔ تکنولوژی اتحادیه آموزشگران معلمان ریاضی، زیرکمیته‌هایی برای بازبینی اسناد پشتیبانِ استانداردهای پیشنهادی از جمله نسخه‌های جدید «استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای معلمان» و «استانداردهای ملی تکنولوژی آموزشی برای دانش‌آموزان»، برای اصلاح نسخه‌های پیش‌نویس استانداردها و نهایی کردن آن‌ها، تشکیل شدند. آخرین نسخهٔ پیش‌نویس مربوط به شاخص‌ها و استانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی معلمان ریاضی، در پیوست (الف)، قابل مشاهده است.

توسعه تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی معلمان ریاضی

در بررسی نسخهٔ پیش‌نویس شاخص‌ها و استانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی معلمان ریاضی، یکی از نویسندگان، با یک دانش‌آموختهٔ سابق آموزش ریاضی به نام ماری مصاحبه کرد. ماری در محیطی تحصیل کرده بود که در آن، از تکنولوژی در یاددهی و یادگیری ریاضی، بهره برده شده بود. به‌طور مشخص، در درس ریاضیات گسسته از ماشین‌حساب‌های گرافیکی و در درس هندسه، از نرم‌افزار «جئومترز اسکچ‌پد[۲۷]»، به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته بودند. وی بعد از فارغ‌التحصیلی، در یک دبیرستان بزرگ در حومهٔ شهر، به تدریس جبر ۱ مشغول شد و در پایان سومین سال تدریسش، این مصاحبه انجام شد. او خاطر نشان کرد که نرم‌افزار «جئومترز اسکچ‌پد»، ابزار تکنولوژیکی مهمی برای یاددهی و یادگیری او بوده و در یادگیری هندسه نااقلیدسی، به او کمک کرده است. این نرم‌افزار، در مدرسه‌ای هم که تدریس می‌کرد، قابل دسترسی بود و توسط معلم دیگری در این مدرسه نیز، استفاده می‌شد. با این حال، ماری از این نرم‌افزار در کلاس جبر ۱ استفاده نکرده بود، زیرا فکر می‌کرد که فقط برای استفاده در کلاس درس هندسه، مناسب است.

ماری در ادامه مصاحبه، بیان کرد که در تجربه تحصیلی و تدریسی او، ماشین‌حساب‌های گرافیکی، ابزاری برای محاسبه هستند، نه ابزاری برای کشف کردن. وی در سه سال اول تدریسش، فقط یک بار از تکنولوژی، برای تدریس مفاهیم ریاضی استفاده کرد. در این درسی که ماری توصیف کرد، دانش‌آموزان به ترسیم نمودار سیستم‌های معادلات خطی و پیدا کردن محل تقاطع خطوط، به عنوان کاربرد مناسبی از ماشین‌حساب‌های گرافیکی، می‌پرداختند. تدریس ماری، شواهدی برای بعضی از شاخص‌های مطرح شده در استاندارد یک و استاندارد دو در رابطه با «تکنولوژی- پداگوژی- دانش محتوایی» بود. به‌طور مشخص، او یک فعالیت دانش‌آموز- محور و مبتنی بر تکنولوژی طراحی کرده بود که دانش‌آموزان را در رسیدن به «سطوح بالای تفکر[۲۸]»، کمک می‌کرد. اما این فعالیت در یک دورهٔ زمانی سه ساله، فقط یک بار رخ داد. مثال ماری، سطوح مختلفی از دانش تلفیقی تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی را ارائه نمود. اگرچه شاخص‌ها و استانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی معلمان ریاضی، اهدافی را برای تلفیق تکنولوژی در نظر دارند، این استانداردها راجع به اینکه معلمانی مانند ماری، چگونه می‌توانند این دانش تلفیقی را برای تدریس مؤثر ریاضی و با بهره‌گیری از تکنولوژی مناسب به دست آورند، اطلاعاتی فراهم نکردند. این موضوع، پرسش‌های مهمی را مطرح می‌کند، مانند اینکه دانش تکنولوژی- پداگوژی- دانش محتوایی، چگونه توسعه پیدا می‌کند؟ آیا روندی وجود دارد که در آن، معلمان بتوانند دانش تکنولوژی- پداگوژی- محتوایی ریاضی را به دست آورند؟ آیا معلمان، این دانش را در عمل حرفه‌ای خود، ناگهان بروز می‌دهند؟ آنچه به آن نیاز داریم، مدلی است که در زمانی که معلمان به تلفیق تکنولوژی با فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی می‌پردازند، توسعه تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی ریاضی را دربرگیرد.

نیس، سدری و لی (۲۰۰۷)، یک مدل تکاملی از استانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی ارائه داده‌اند که از مدل «فرایند تصمیم‌گیری- نوآوری[۲۹]» (اولین بار در سال ۱۹۶۲ در باب ترویج اجتماعی نوآوری‌ها معرفی گردید) اِورت راجرز نشئت می‌گرفت. راجرز یک فرایند پنج مرحله‌ایِ متوالی را توصیف کرد که در آن، فرد تصمیم می‌گیرد یک نوآوری را به کار گیرد یا آن را رد کند. نیس و همکاران، این فرایند را از دیدگاه یادگیری معلمان ریاضی در تلفیق یک تکنولوژی که تاکنون با یاددهی و یادگیری ریاضی ادغام نکرده‌اند، بازسازی کردند. طی یک دورهٔ چهار ساله، آن‌ها معلمان بسیاری را مشاهده کردند که در مورد صفحات گسترده و چگونگی وارد کردن آن به عنوان یک ابزار آموزشی در کلاس درس ریاضی، می‌آموختند. تجزیه و تحلیل این مشاهدات، نشان داد که معلمان، زمانی که در حال یادگیریِ تلفیق یک تکنولوژی

باید تمرکز تکنولوژی، بر روی برنامهٔ درسی و یادگیری باشد. این تلفیق نباید با میزان یا نوع تکنولوژی مورد استفاده، تعریف شود. بلکه تکنولوژی، بر حسب چگونگی و چرایی استفاده از آن، مشخص می‌گردد

خاص، در یاددهی و یادگیری ریاضی بودند، از طریق پنج مرحلهٔ تکاملی زیر، پیشرفت بسیار زیادی کردند:

۱. تشـــخیص دادن (دانـــش)[۳۰]؛ معلمـــان قادرند از تکنولوژی استفاده کنند و تشخیص می‌دهند که در کجا، تکنولوژی را با محتوای ریاضی، در کنار هم قرار دهند. اما هنوز تکنولوژی را بـــا فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی، نمی‌توانند تلفیق کنند؛

۲. پذیرفتن (ترغیب)[۳۱]؛ در معلمان، نگرشی مطلوب یا نامطلوب نسبت به یاددهی و یادگیری ریاضی از طریق یک تکنولوژی مناسب، شکل می‌گیرد؛

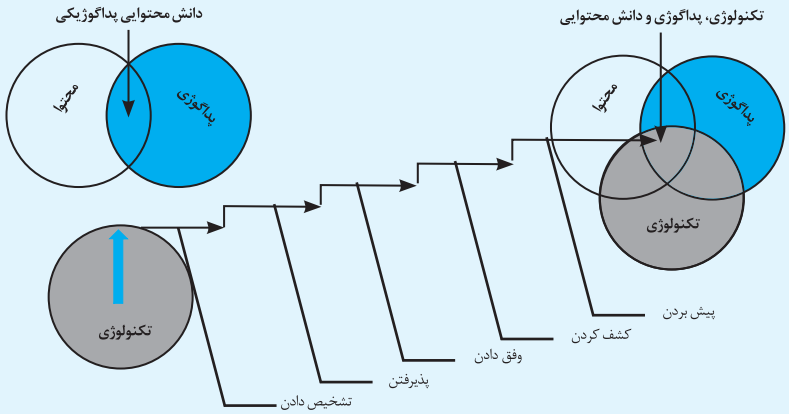
۳. وفق دادن (تصمیـــم)[۳۲]؛ معلمان در فعالیت‌هایی شرکت می‌کنند که آن‌ها را به سوی انتخاب بین پذیرفتن یا رد کردن اســـتفاده از یک تکنولوژی مناسب در فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی، سوق می‌دهد؛

۴. کشـــف کردن (اجرا)[۳۳]؛ معلمان به طور فعال، یک تکنولوژی مناسب را با جریان یاددهی و یادگیری ریاضی، تلفیق می‌کنند؛

۵. پیش‌بردن (تأیید)[۳۴]؛ معلمان نتایج حاصل از تلفیق یاددهی و یادگیری ریاضی را با یک تکنولوژی مناســـب، مورد ارزیابی قرار می‌دهند.

کمیتهٔ تکنولوژی اتحادیه آموزشگران معلمان ریاضی، بـــا توجه به این پنج مرحله یا پنج ســـطح که مبتنی بر چگونگی تلفیق تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی با فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی است، یک مدل تصویری، تبیین نمود (شکل ۱). این مدل، سطوح دانشی معلمان ریاضی را هنگامی‌که ادراک و تفکر آن‌ها، به سمت تلفیق تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی شکل می‌گیرد، به تصویر می‌کشد. در سمت چپ شکل ۱، دانش محتوایی- پداگوژی، به عنوان اشتراک محتوا و پداگوژی، نشان داده شده است. ســـپس با گسترش دانش تکنولوژی، و ایجاد اشتراک آن با دانش پداگوژیکی و محتوایی، دانشی را در معلمان ایجاد می‌کند که دانش «تکنولوژی- پداگوژی- محتوایی» نامیده می‌شـــود. این دانش به معلمان کمک می‌کند تا بتواننـــد به‌طور فعال، هدایت یادگیری ریاضی دانش‌آموزان را به وسیلهٔ یک تکنولوژی مناسب، بر عهده بگیرند.

در به کارگیری این مدل، لازم است هوشیارانه عمل کنیم و هنگام تفکر در مورد این ســـطوح، توجه داشـــته باشیم که مســـیر حرکت به سمت اســـتفادهٔ مناسب از یک تکنولوژی و به کمـــک دانش تکنولوژی- پداگوژی- محتوایـــیِ معلم، خطی نیســـت و رفتـــن از یک مرحله بـــه مرحلهٔ دیگـــر، الزاماً از یک الگوی منظم و سلســـله مراتبی، تبعیـــت نمی‌کند. این وضعیت، در مدل «فرایند تصمیم‌گیری- نـــوآوری» راجرز نیز وجود دارد که ظهور یک تکنولوژی جدید، باعـــث بازنگری در مورد چگونگی



شکل ۱. شرح تصویریِ سطوح دانشی معلمان ریاضی، هنگامی‌که ادراک و تفکر آن‌ها، به سمت تلفیق تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی، شکل می‌گیرد.

پذیرش و تلفیق آن با فرایند یاددهی و یادگیری ریاضی و همچنین، نیازمند دوباره‌نگری در محتوا و پداگوژی خواهد بود. در واقع، این مراحل یا ســـطوح، برای نمایش چیزی فراتر از یک فرایند تکراری در توسعه تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی، مطرح می‌شـــوند. برخی از جنبه‌های آنچه که برای تدریس یک موضوع خاص به وســـیلهٔ یک تکنولوژی آموخته می‌شـــود، ممکن است جایگاهی برای پذیرش یک تکنولوژی دیگر را فراهم کند. البته باید توجه داشت که بسیاری از معلمان، با روش‌های تلفیقی متفاوت با آنچه که خودشان تجربه کرده‌اند و از آن طریق، مفاهیم خاص ریاضی را یاد گرفته‌اند، مشکل دارند.

مدل توسعه دانش تکنولوژی- پداگوژی- محتوایِ معلمان ریاضی

استانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایِ معلمان ریاضی، دریچه‌ای را گشود تا بتوان از طریق آن، به بررسی فعالیت‌های تدریسی معلمانی پرداخت که دارای دانش تلفیقیِ تکنولوژی- پداگوژی- محتوایی هستند. با وجود این، تعیین سطوح/مراحل درک و تفکر دانش‌آموزانی که در معرض چنین فعالیت‌هایی قرار می‌گیرند، نیازمند شفاف‌سازی است. در این راستا، میشرا و کوهلر (۲۰۰۶) چارچوب اولیه «تکنولوژی- پداگوژی- دانش محتوایی» را بـــه اجزای دانشـــی آن یعنی دانـــش محتوایی، دانش پداگوژیکی، و دانش «محتوایی- پداگوژیکی» تقســـیم نمودند. به بـــاور آنان، وقتی که «دانـــش تکنولوژی» با این ســـه نوع دانش تلفیق می‌شـــود، «دانش محتوایی تکنولوژیکی» و «دانش پداگوژیکی تکنولوژیکی» نیز به عنوان اشتراک بین دانش محتوایی، دانش پداگوژیکی و دانش تکنولوژیکی، به دانش محتوایی پداگوژیکی اضافه می‌شوند. از نظر آن‌ها، «دانش محتوایی تکنولوژیکی» به این دلیل اهمیت پیدا می‌کند که «معلمان نه تنها نیاز دارند

تـــا موضوعی را که تدریس می‌کنند بدانند، بلکه نیازمند دانستن روش‌هایی هستند که بتوانند به کمک تکنولوژی، در موضوع مورد تدریس، تغییرات مناسبی ایجاد کنند». در حقیقت، «دانش پداگوژیکی- تکنولوژیکی»، به معلمان این قدرت را می‌دهد تا با شناختن تکنولوژی‌های مختلف و قابلیت‌هـــا و محدودیت‌های هر یک، قادر باشـــند که متناســـب با موقعیت‌های یاددهی و یادگیری، تکنولوژی مناسب را انتخاب کنند و همچنین، بتوانند نحوهٔ تدریس و سازماندهی محتوا یا موضوع مورد تدریس را به شکلی مطلوب، تغییر دهند.

البته باید توجه داشـــت که هر نـــوع تلفیقی از این دانش‌ها، به فصل مشـــترک‌های جدیدی می‌انجامد که می‌توان به هر کدام، عنوان یـــک دانش جدید را داد. اما به دلیل ماهیت موضوع مورد بحث در این نوشته، تنها به دانش‌های تلفیقی که مرتبط به توسعه دانش «تکنولوژی- پداگوژی- محتوایی» ریاضی‌اند، پرداخته شـــد. هم‌زمان با ایـــن تحولات، کمیتهٔ تکنولوژی وابســـته به «اتحادیهٔ آموزشـــگران معلمان ریاضی»، ســـطوح فعالیت معلمان را مطابق با اســـتانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتواییِ ریاضی آنان، تشـــریح نمود. چهار موضوع اصلی «ارزشـــیابی و برنامهٔ درسی»، «یادگیری»، «یاددهی»، و «دسترسی»، در این سطوح آمده است. کمیتهٔ تکنولوژی تصمیم گرفت به جای اینکه ارزشیابی و برنامهٔ درسی را به صورت جداگانه در نظر بگیرد، به منظور برجسته کردن ارتباط بین فرایند تصمیم‌گیریِ ارزشیابی و برنامهٔ درسی، آن‌هـــا را در یک گروه قرار دهد. بـــه این منظور، کمیتهٔ تکنولـــوژی، توصیف‌گرهایی را برای هر کدام از این چهار موضوع تهیه نمود که در جدول (۱)، آمده است.

موضوع	توضیحات
ارزشیابی و برنامهٔ درسی	• بررسی مواد تدریس • ارزشیابیِ درک دانش‌آموزان
یادگیری	• تمرکز بر مواد تدریس (برای نمونه، یادگیری مباحث ریاضی) • نمایش مفاهیمی دربارهٔ چگونگی یادگیری دانش‌آموزان (مانند توسعهٔ مهارت‌های تفکر)
یاددهی	• تمرکز بر مواد تدریس (به عنوان مثال، یادگیری مباحث ریاضی) • رویکردهای آموزشی • محیط کلاس درس • توسعه حرفه‌ای معلمان
دسترسی	• میزان استفاده (آیا دانش‌آموزان اجازه دارند از تکنولوژی استفاده نمایند یا خیر) • محدودیت‌ها (چگونه معلمان، در ایجاد محدودیت در تلفیق تکنولوژی با تدریس، نقش دارند) • میزان دسترسی (چگونه تکنولوژی، می‌تواند به ارتقای تفکر مرتبهٔ بالاتر ریاضی در دانش‌آموزان، نقش داشته باشد و دسترسی تمام دانش‌آموزان را به ریاضی، بیشتر کند؟)

جدول ۱: توصیف‌گرهایی در مورد موضوعات اصلی در مدل توسعهٔ دانش تکنولوژی- پداگوژی- محتواییِ معلمان ریاضی

گام بعدی این بود کـــه با بهره‌مندی از توصیف‌های دقیق‌تری که توســـط نیـــس (۲۰۰۷) انجام شـــد، این توصیف‌گرها را برای سطوح تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی نیز، گسترش دهند و مثال‌های خاصی برای هر کدام، عرضه کنند. پیوست (ب)، شکل توسعه یافته‌تر مدل تکنولوژی، پداگوژی و دانـــش محتواییِ معلمان ریاضی است تا کسانی که باور دارند تکنولوژی، یادگیری ریاضی دانش‌آموزان را ارتقا می‌دهد و تمایل دارند که تکنولوژی را با روش تدریس خود تلفیق کنند، راهکارهای عملی‌تر و قابل اجراتری برای این کار، در دســـت داشـــته باشند. راهکارهایی که به معلمان کمـــک کند تا این تلفیق، به شکل معنادارتری اتفاق بیفتد و دانش‌آموزان، امکان تجربه کردن و درگیرشدن معنادارتری را با تکنولوژی و موضوع ریاضیِ مورد تدریس، پیدا کنند. برای درک بهتر این پنج مرحله، به مثال تدریس «جذر» توجه کنید.

۱. تشـــخیص دادن (دانش): به عنوان مثالی از اینکه چگونه دانش مربوط به ارزشیابی و برنامهٔ درسی، می‌تواند باعث ایجاد تغییراتی در موضوع‌های درسی ریاضی شود، معلمانی را در نظر بگیرید که در ابتدا، تشخیص می‌دهند که تکنولوژی می‌تواند برای پشتیبانی از فرایندهای ریاضی مانند جذر، مورد استفاده قرار گیرد. فرایند تفکر معلمان به ســـمت پذیرش تکنولوژی به عنـــوان جایگزینی برای روش الگوریتمیِ یافتن جذر اعداد، پیش می‌رود. اگرچه آن‌ها همچنان نگران از دست دادن مهارت‌های الگوریتمی دانش‌آموزان در رابطه با جذر اعدادند.

۲. پذیرفتـــن (ترغیب): بعضـــی از معلمان ریاضی، با اینکه تکنولوژی را به عنوان یک ابزار مفید آموزشـــی برای کلاس‌های درس ریاضی‌شان پذیرفته‌اند، ولی نگران مداخلهٔ بی‌جای تکنولـــوژی در درک و فهم یک موضوع ریاضی هستند و بدین سبب، به استفاده از تکنولوژی در کلاس درس خود، ترغیب نمی‌شوند و آن را تنها به عنوان یک فعالیت آموزشی غیررسمی، مجاز می‌دانند. البته در این سطح، شاید بعضی معلمان فکر کنند که ممکن است نگرش‌ها و باورهایشـــان نسبت به تدریس ریاضی، تحت تأثیر تکنولوژی واقع شـــود، و نگران‌اند که در آن صورت، دانش‌آموزان نتوانند مهارت‌های تفکر ریاضی مناســـب را توســـعه دهند. با چنین تصوری، ابتدا تدریس خود را به روش سنتی- بدون به کارگیری تکنولوژی- و به اصطلاح، «مداد و کاغذ[۳۶]»ی انجـــام می‌دهند و بعد، از تکنولوژی برای بررسی محاسبات و نظیر آن، استفاده می‌کنند.

۳. وفق دادن (تصمیم): در ســـطح وفق دادن، الگوی مورد اســـتفاده معلمان در انجام بعضـــی از فعالیت‌های تدریســـی، عموماً برگرفته شده از تجربه‌های کسب شدهٔ آنان در برنامه‌های توسعهٔ حرفه‌ای قبل از خدمت خودشان است. برای مثال، طبیعی اســـت که معلمان در تدریس

جذرگیـــری، ابتدا بـــر تخمین زدن جـــذر اعداد متمرکز شوند و بعد، تصمیم بگیرند که از دانش‌آموزان بخواهند تا تخمین‌های خود را با نتایجی که از طریق ماشین‌حساب به دست می‌آورند، مقایسه کنند. یا آنکه گاهی معلمان، از زاویهٔ دیگری به موضوع مورد تدریس خود می‌نگرند و به جای تدریس عملیات جذرگیری، تأکید را بر کاربرد مفهوم جذر قرار داده و بر ماشین‌حساب متمرکز می‌شوند. چنین تغییـــر دیدگاهی، توجه به تدریـــس را متفاوت می‌کند و واسطهٔ این کار، تصمیم به انتخاب تکنولوژی مناسب است. طی چنین فرایندی، معلمان در موقعیت‌های پیشرفته‌تری واقع می‌شـــوند که علاوه بر کسب مهارت برای استفاده از تکنولوژی/ ماشین‌حســـاب‌ها برای موضوع خاصی مانند جذر، خود را در معرض چالش تلفیق تکنولوژی با تدریس خویش، برای سایر موضوع‌های ریاضی می‌کنند. معلمانی که چالش‌پذیر و علاقه‌مندتر به تلفیق تکنولوژی با تدریس خود هستند، به تدریج برای جرح و تعدیل در برنامهٔ درسی/ تدریس خویش، جســـارت تصمیم‌گیری یافته و دست به اضافه، حذف، ادغام، چینش مجدد، تغییر نقطهٔ تمرکز یا تأکید موضوع‌های مورد تدریس و نظایر آن را پیدا می‌کنند. بدین ترتیب است که برای نمونه، ممکن است در تدریس جذر، به جای تمرکز بر الگوریتم جذرگیری، با استفاده از قابلیت‌های تکنولوژی، جهت تدریس را عوض نموده و از ماشین‌حســـاب‌ها، برای درک عمیق‌تر مفهوم جذر واقعی اعداد، و تفاوت بین پاسخ‌های تقریبی و پاسخ‌های دقیق، بهره بگیرند. در این سطح، معلمان بررسی‌های خود را برای پذیرش یا عدم پذیرش تکنولوژی انجام می‌دهند، و ممکن است به مفید بودن آن نیز در تدریس ریاضی پی ببرند، اما هنوز سؤال‌های بی‌پاسخی پیرامون مهارت‌های تفکر ریاضی مناسب، داشته باشند. در چنین حالتی، اگرچه معلمان و دانش‌آموزان از تکنولوژی، برای یادگیری- یاددهی بیشتر موضوع‌های درسی استفاده می‌کنند، ولی اکثر آزمون‌ها، بدون حضور تکنولوژی انجام می‌شود.

۴. کشف کردن (اجرا): معلمانی که تصمیم به پذیرش و بـــه کارگیری تکنولـــوژی در کلاس‌هـــای درس خود نموده‌اند، راه‌های جدیدی برای تلفیق یاددهی و یادگیری ریاضی با تکنولوژی‌های مناســـب، کشف می‌کنند. آنان برای اجرایی کردن راه‌هایی که کشف کرده‌اند، برنامه‌ریزی می‌کنند و برنامه‌ها را به اجرا درمی‌آورند. بعد هم به منظور هدایت دانش‌آموزان به ســـمت درک عمیق‌تر ریاضی، از تکنولوژی به عنوان ابزاری برای یادگیری استفاده نموده و بازتاب خود را بر فرایند یاددهی و یادگیری، به همکاران خود ارائه می‌دهند.

۵. پیش‌بـــردن (تأییـــد): در آخرین ســـطح یعنی پیش‌بردن، معلمان به ارزیابی نتایج حاصل از تصمیم خود برای تلفیق تکنولوژی با جریان یاددهی و یادگیری ریاضی می‌پردازند تا بر آن‌ها، مُهر تأیید بزنند. در این مرحله است که برای معلمان، تلفیق تکنولوژی با موضوع مورد تدریس، برای توســـعهٔ ریاضیاتی که لازم اســـت دانش‌آموزان یاد بگیرند، ضروری می‌شود.

مراحل بعدی تلفیق تکنولـــوژی، پداگوژی و دانش محتوایی ریاضی

این توصیف از ســـازهٔ جامعِ «تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی»، ساختارهای قابل شناسایی و خاصی را از دانش مرتبط با تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتواییِ معلمان، به همراه یک مدل یا چارچوب که زمینه را برای این ســـاختارها مهیا می‌ســـازد، ارائه می‌دهد. موضوع‌ها، ســـطوح و توصیف‌گرها، جزئیات یک ساختار هستند و بـــه گروه‌های مختلف اجازه می‌دهد کـــه بتوانند به طور مستقل، از این مدل استفاده کنند. پنج سطح (تشخیص دادن، پذیرفتن، وفق دادن، کشـــف کردن و پیش‌بردن)، از طریق چهار موضوع ارزشیابی، برنامهٔ درسی، یادگیری، یاددهی و دسترسی؛ توسعه می‌یابند. توصیف‌گرهای ارائه شده برای هر ســـطح و مثال‌های ریاضی برای هر کدام، شفافیت بیشتری برای درک این مدل، ایجاد می‌کند. این ساختار می‌تواند برای معلمان، پژوهشگران، آموزشگران معلمان، مشـــاوران توســـعه حرفه‌ای معلمان و مدیران مدارس، در راســـتای اجرای فعالیت‌های توسعه و ارزیابی توســـعه حرفه‌ای، برنامه‌های آموزش ریاضی و برنامه‌های ریاضی مدرسه‌ای، مفید واقع شود.

معلمان می‌توانند با اســـتفاده از مثال‌های ملموس و توصیف‌گرها، از این مدل برای ارزیابی تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتواییِ ریاضی اســـتفاده نمایند و ســـپس، به طراحی توســـعهٔ حرفـــه‌ای فردی خـــود در «تکنولوژی آموزشـــی ریاضی[۳۷]» بپردازند. مدیران و مشاوران توسعهٔ حرفه‌ای نیز قادر به طراحی و توسعهٔ حرفه‌ای هدایت شده و آگاهانه‌تری برای گروه معلمان خواهند بود و می‌توانند اثربخشیِ فعالیت‌هایشـــان را ارزیابی نمایند. آموزشگران معلمان نیز می‌توانند از ســـطوح تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی، جهت ارزیابی و طراحی برنامه‌های قبل از خدمت دانشجو- معلمان و آموزش ضمن خدمت معلمان با هدف به‌کارگیری تکنولوژی، استفاده نمایند. مدل توسعهٔ تکنولوژی، پداگـــوژی و دانش محتواییِ معلمان ریاضی، سازه‌ها و زبان مشترکی ایجاد می‌کنند تا به پژوهشگران حوزهٔ آموزش‌های حرفه‌ای معلمان ریاضی کمک کند که کارهای پژوهشی خود را با کارهای دیگران و در زمینه‌های وسیع‌تری، مرتبط سازند.

با این توصیف‌ها و توضیح‌ها، هنوز سؤال‌های بسیاری در مورد چگونگی استفاده از این مدل، باقی مانده است. به عنوان مثال، یک معلم ریاضی ممکن است در سطح‌های

اگر معلمان بخواهند یاد بگیرند که چگونه فضای مثبتی بسازند که در آن، حل مسئلهٔ گروهی ارتقا یابد، تکنولوژی به‌طور معنادار در آن حضور داشته باشد، در دانش‌آموزان نیاز به تفکر و کشف و خلق را ایجاد کند، قبل از همه، خودشان باید یادگیری را در چنین محیطی، تجربه کنند

مختلفـــی از چهار موضوع بحث شـــده و توصیف‌گرهای متفاوت، قرار داشـــته باشد (پیوست ب). به عبارت دیگر، وی ممکن اســـت در موضوع برنامهٔ درســـی و ارزشیابی، با نشـــان دادن علاقه‌مندی خویش به توســـعهٔ ایده‌های شخصی فردی‌اش برای به کارگیری تکنولوژی در آموزش، در ســـطح کشف کردن باشـــد. در حالی‌که با اجازه دادن به دانش‌آموزان برای استفاده از تکنولوژی‌های مختلف در حین ارزشیابی‌ها، در سطح تشخیص دادن قرار بگیرد. به دلیل وجود سؤال‌هایی که برای استفادهٔ کارآمد این مدل نیازمند پاسخ هســـتند، ادامهٔ بررسی این طرح، ضروری اســـت. علاوه بر این، حرکت از یک سطح به سطح دیگر ممکن اســـت نیازمند مجموعه‌های متفاوتی از تجربه‌ها، برای سطوح مختلف و معلمان متفاوت باشد. برای نمونه، سؤال‌هایی مانند اینکه «ماهیت این تجربه‌ها چیست؟»، «آیا وجود این تجربه‌ها، می‌توانند توجیه‌گر حرکت‌های پیش‌رونده یا پس‌روندهٔ معلمان، بین این سطوح باشند؟»، «آیا معلمـــان می‌توانند ناخودآگاه، از این ســـطوح عبور کنند؟» و ســـؤال‌های دیگری که می‌توان از طریق انجام پژوهش‌های جدی، به آن‌ها پاسخ داد.

همچنیـــن این مدل، ســـؤال‌های جدیـــدی را برای آموزشگران ریاضی ایجاد می‌کند. با این حال، این پرسش‌ها نسبت به آن دسته سؤال‌هایی که به طور معمول و بدون این مدل هم قابل طرح هستند، بسیار متمرکزتر و خاص‌تر هستند و پاسخ به آن‌ها، نیاز به چارچوب‌های آماده و برای زمینه‌های مختلف ریاضی خواهد داشت. با پاسخ به این ســـؤال‌ها، حوزهٔ آموزش معلمان ریاضی، به سوی درک واقع‌بینانه‌تر تأثیر تکنولـــوژی بر یادگیری ریاضی، پیش خواهد رفت.

استانداردهای تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی معلمان ریاضی و مدل توســـعهٔ تکنولـــوژی، پداگوژی و دانش محتوایی متناظر با آن، در حال توســـعه و تکامل هســـتند. شـــاید هنگام معرفی تکنولوژی‌های جدید در کلاس‌های درس ریاضی، و یافته‌های جدیدی که از طریق پژوهش‌های مبتنی بر کلاس درس، به دســـت می‌آیند و هدفشـــان، بررســـی و توصیف دقیق یاددهی و یادگیری ریاضی است، این اســـتانداردها نیز تغییر یابند. مهم این اســـت که این تمرکـــزِ هدفمند بـــرای درک تکنولوژی، پداگوژی و دانش محتوایی معلمان ریاضی، ادامه دارد تا اســـتفاده از تکنولوژی را که چیزی فراتر از تصور کنونی ماست، در کلاس‌های درس ریاضی، متداول کنند.

پی‌نوشت‌ها

1. Mathematics Teacher TPACK Standards and Development Model
2. Margaret L. Niess * niessm@onid.orst.edu
3. Robert N. Ronau * bob@louisville.edu
4. Kathryn G. Shafer * kgshafer@bsu.edu
5. Shannon O. Driskell *Shannon.Driskell@notes.udayton.edu
6. Suzanne R. Harper * harpersr@muohio.edu
7. Christopher Johnston * cjohnst2@gmu.edu
8. Christine Browning * christine.browning@wmich.edu
9. S. Asli Özgün-Koca * aokoca@wayne.edu
10. Gladis Kersaint * kersaint@coedu.usf.edu
11. Technology, Pedagogy, And Content Knowledge (TPACK)
12. Pedagogical Content Knowledge (PCK)

در ایـــران این نوع دانش را با همین نـــام PCK یا «دانش تربیتی محتوا»، استفاده‌می‌کنند.

13. Geometric Supposer

ترجمه این برنامه‌ها، تا به حال مرسوم نبوده و به عنوان اسم خاص، از آن‌ها نام برده می‌شود.

14. Computer Algebra Systems: CAS
15. International Society for Technology and Education: ISTE
16. National Educational Technology Standards for Students: NETS-S
17. National Educational Technology Standards for Teachers: NETS-T
18. Technological Pedagogical Content Knowledge: TPCK
19. American Association of Colleges of Teacher Education
20. The Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge for Educators
21.AACTE Committee on Technology and Innovation
22. Technological Content Knowledge: TCK
23. Technological Pedagogical Knowledge: TPK
24. Association for Mathematics Teacher Educators (AMTE)
25. Technology Position Statement
26. Society for Information Technology and Teacher Education: SITE
27. Geometer's Sketchpad
28. Higher Order Thinking
29. Innovation-decision Process
30. Recognizing (Knowledge)
31. Accepting (Persuasion)
32. Adapting (Decision)
33. Exploring (Implementation)
34. Advancing (Confirmation)

۳۵. نکتهٔ قابل توجه در این مدل، این است که «یاددهی- یادگیری» که معمولاً در یک مقوله قرار دارند، از هم جدا شده‌اند و این، یکی دیگر از ویژگی‌های این مدل است.

36. Paper & Pencil
37. Mathematics Instructional Technology

پیوســـت (الف) و (ب) که در متن به آن‌ها اشاره شده و منابع این مقاله را می‌توانید در وبگاه مجلات رشد ببینید.