**فصل 12**

**باز کردن پیچیدگی دانش محتوایی آموزش (PCK) معلم های علوم در عمل: دانش محتوایی آموزش تصویب شده (قانونی) و شخصی**

خلاصه: این فصل بر PCK تصویب شده (ePCK) تمرکز دارد، یعنی، دانش و مهارت های خاصی که معلم های علوم در روش خود استفاده می کنند به طوریکه در شرایط کلاس خاصی حین تدریس مفهوم به خصوصی به دانش آموزانشان اتفاق می افتد. در باز کردن این جنبه از مدل انطباق اصلاح شده ی (RCM) از PCK، ما هم طبیعت ePCK و هم تعامل آن با دیگر حیطه های PCK را در نظر می گیریم، در درجه اول PCK شخصی (pPCK). تشخیص پیچیدگی روش کلاس- از لحاظ منحصر به فرد بودن شرایط هر کلاس و لزوما طبیعت ناگهانی تعامل های کلاس- ما مکانیزمی بواسطه ی اینکه pPCK به ePCK تبدیل می شود، و بالعکس، در تمام چرخه ی برنامه-آموزش-بازتاب پیشنهاد می کنیم. سپس این ایده ها را با استفاده از چندین مثال تجربی از تلاش هایی برای توصیف و آنالیز ePCK معلم های علوم (و pPCK مرتبط) شرح می دهیم. ما با بحث درباره ی برخی فرصت ها، چالش ها و دلایل استفاده از RCM، به همراه بازکردن ePCK ما و رابطه ی آن با pPCK، به عنوان وسیله ای برای درک دانشی که معلم های علوم در میان برنامه ریزی، آموزش و بازتاب استفاده می کنند به نتیجه رسیدیم.

مقدمه

مدل انطباق اصلاح شده ی (RCM) PCK (دالر کارلسون و همکاران، این جلد) متکی بر مدلی از دانش و مهارت حرفه‌ای معلمی توسعه داده شده از اولین اجلاس PCK (Gess - Newsome، ۲۰۱۵) می باشد. در مقایسه با مدل اخیر و در محتوای آموزش علمی، RCM تاکید قوی تری بر آشکارسازی متغیرها و لایه های مختلف و پیچیدگی های مرتبط با PCK دارد و در مسیر واضح تری رابطه ی بین PCK و روش آموزش را مشحص می کند. RCM سه حیطه ی متفاوت را مشخص می کند: PCK گروهی (مشترک) (cPCK) ، بیانگر دانش حرفه ای تخصصی انجام شده توسط تحصیل کنندگان چندین علم در یک زمینه؛ PCK شخصی (pPCK)، بیانگر دانش و مهارت های حرفه ای تخصصی انجام شده توسط یک معلم علم منفرد؛ PCK تصویب شده (ePCK)، زیرمجموعه ی منحصر به فرد دانش و مهارت هایی که یک معلم علوم به کار می گیرد و در حین برنامه ریزی، آموزش و بازتاب بر یک درس به پایان می رساند. در مدل، این حیطه ها به عنوان حلقه های متحد المرکز، با cPCK خارج از حلقه، pPCK در میان حلقه و ePCK در مرکز حلقه بیان می شوند (فصل 2، شکل 2.3 را ببینید). این طرح از مدل تمایل به تاکید بر دید متخصص در جایگاه مرکزی ePCK دارد.

تا به امروز، تحقیقات در مورد PCK اساتید علوم عمدتا بر روی cPCK متمرکز شده‌است، به عنوان مثال، ارزیابی اینکه آیا معلمان PCK "استاندارد" را می‌دانند یا خیر، به عنوان مثال، به معلمان آموزش می‌دهند تا آنچه را که در مورد آموزش یک موضوع علمی خاص در یک زمینه ی خاص می‌دانند بیان کنند. با این حال، تحقیقات نسبتا کمی روی ePCK انجام شده‌است، یعنی چگونه PCK در روش واقعی معلمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، در این فصل، ما بر ePCK تمرکز می‌کنیم،

دانش و مهارت‌های خاص مورد استفاده یک معلم علوم منفرد در یک محیط خاص، با یک دانش‌آموز خاص یا گروهی از دانش آموزان، با یک هدف برای آن دانش آموزان جهت یادگیری یک مفهوم خاص، مجموعه‌ای از مفاهیم، و یا یک جنبه خاصی از نظم. (مراجعه به فصل 2).

ما این جنبه از RCM را باز می‌کنیم و تفسیر خود از ePCK را به منظور تمرکز توجه بر دانشی که معلمان علوم از آن در عمل استفاده می کنند، ارائه می‌دهیم. همانند تفسیرهای موجود در بخش ۲، ما توجه داریم که ePCK نه تنها در هنگام تصویب دستورالعمل کار می‌کند (به عنوان مثال زمانی که مستقیما با دانش آموزان تعامل داشته باشد)، بلکه زمانی که برای دستوالعمل برنامه‌ریزی و روی آن فکر می‌کند هم کار می کند. بنابراین، ما ePCK را به سه شکل در نظر می‌گیریم: ePCKP (برای برنامه‌ریزی)، ePCKT (برای آموزش) و ePCKR (برای فکر کردن). در زیر ما استدلال می‌کنیم که چون ePCK بر روی موضوعات خاصی تمرکز دارد بنابراین، شرایط کلاس منحصر به فرد، باید بیشتر از انفعال، دانش بیانی یا دست نوشته و روش ها درگیر باشد. علاوه بر این، ما بررسی می‌کنیم که چگونه ePCK، به طور مداوم در پاسخ به شرایط یک کلاس منحصر به فرد، نه تنها متکی بر آن است بلکه تغییراتی را برای pPCK معلمان علوم نیز اعمال می‌کند.

بنابراین، در بخش‌های زیر، ما با مروری خلاصه از pPCK شروع می‌کنیم. سپس تفسیر خود از ePCK را به عنوان شکلی از دانش در عمل باز می‌کنیم. سپس، توضیح می‌دهیم که چگونه ePCK و pPCK را به عنوان تاثیر گذار مشترک مورد نظر قرار می‌دهیم، یک مکانیزم را پیشنهاد می‌کنیم که از طریق آن این دو حوزه دانش تعامل دارند و از طریق چرخه برنامه ریزی- آموزش- تفکر تغییر می‌کنند، چون pPCK به ePCK تبدیل می‌شود و بالعکس. برای شرح دادن این ایده‌ها، ما چند مثال از تلاش‌هایی برای ثبت و تجزیه و تحلیل pPCK و ePCK معلمان علوم ارائه می‌کنیم. در نهایت، در مورد برخی از فرصت‌ها، چالش‌ها و مفاهیم استفاده از RCM و به طور خاص، باز کزدن ePCK و رابطه‌اش با pPCK، به عنوان وسیله‌ای برای درک دانشی که معلمان علوم در هنگام برنامه‌ریزی، تصویب قانون و تفکر بر روی دستورالعمل استفاده می‌کنند، بحث می‌کنیم.

**ماهیت pPCK**

PCK شخصی (pPCK) به منابع دانشی اشاره دارد که یک معلم علوم منحصر به فرد به کلاس می‌آورد تا دانش آموز را قادر به فکر کردن و اجرا به عنوان معلم کند تا دانش‌آموز را در مورد موضوع خاص علمی ارتقا دهد. در درک pPCK به عنوان شکلی از دانش شخصی، ما از Eraut (2000) استفاده می‌کنیم که دانش شخصی را به عنوان

نسخه ای از یک مفهوم یا ایده عمومی که به صورت شخصی، موجود برای استفاده است که دانش مدون در شکل شخصی شده ی آن، به همراه دانش آیین نامه ای و فرآیند دانش، دانش تجربی و تاثیرات در حافظه ی دوره ای را ترکیب می کند. مهارت‌ها بخشی از این دانش هستند، بنابراین نمایش شایستگی، توانایی یا تخصص که در آن استفاده از مهارت‌ها و دانش گزاره‌ای به شدت ادغام می‌شوند، امکان پذیر است. (ص. ۱۱۴)

از این رو، pPCK یک شکل تخصصی از دانش شخصی است که شامل منابع دانش مختلف مربوط به آموزش و یادگیری موضوعات علوم خاص است. مطابق با Eraut (2000) که مهارت‌ها را به عنوان بخشی از دانش در نظر می‌گیرد، در این فصل ما به دانش و مهارت‌ها در مجموع به عنوان دانش اشاره می‌کنیم. pPCK شامل دانش صریح (یعنی قابل تفسیر (واضح بیان کردن)) و دانش ضمنی (به عنوان مثال، دانش تجربی، تاثیرات در حافظه دوره ای) و بنابراین برای هر معلم علوم منحصر به فرد است. pPCK با cPCK تفاوت دارد که در آن cPCK، دانش مدون عمومی (به عنوان مثال، به اشتراک گذاشته شده) را نشان می‌دهد.

**ماهیت ePCK**

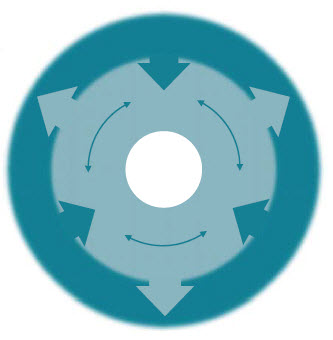
در RCM مطابق با ارتباط آن با روش، ePCK را به عنوان "دانش ضمنی در عمل در نظر می‌گیریم " (Eraut، ۲۰۰۰، ص. 123). یعنی، دانشی که معلمان علوم در لحظه عمل طراحی می‌کنند، که این اقدام ممکن است شامل برنامه‌ریزی، آموزش و یا تفکر در آموزش باشد. این تفسیر دو مفهوم مهم دارد. اول، ePCK تنها در عمل وجود دارد (یعنی، به عنوان دانش ضمنی، غیر قابل تفسیر). دوم، ePCK انعطاف‌پذیر است و در لحظه عمل تولید می‌شود. از آنجا که عمل در لحظه رخ می‌دهد، ePCK بنیادین نیز قابل تطبیق است، که در آن لحظه مورد ایجاد و مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، ما ePCK را با pPCK و cPCK مقایسه می کنیم که شکل های گزاره ای تر و نسبتا پایدارتر (یا ثابت) از دانش هستند.[[1]](#footnote-1) [[2]](#footnote-2)

آموزش علم به دانش آموزان و محتوا پاسخگوست، بنابراین شرایط هر کلاس درس کمی (حداقل) متفاوت از بقیه کلاس هایی است که یک معلم تجربه کرده‌است (یا درباره بی آن می‌داند). بنابراین، ePCK مورد استفاده در شرایط هر کلاس منحصر به فرد است و برای یک معلم علوم بعید (و حتی غیرممکن) است که در حال حاضر دارای تنظیمات دقیق مورد نیاز برای برنامه‌ریزی، تصویب و تفکر در مورد یک موضوع خاص برای یک گروه خاص از دانش آموزان در یک محیط خاص باشد. بنابراین، ePCK باید دوباره برای هر قسمت آموزش ساخته شود. البته، ePCK برای شرایط یک کلاس ارائه شده ممکن است تقریبا همانند یک موقعیت مشابه دیگر باشد، اما تفاوت‌ها از لحاظ محتوا یا دانش آموزان مستلزم اصلاحاتی (حتی بسیار کوچک) هستند که منجر به ePCK منحصر به فرد برای آن محیط خواهد شد. بنابراین، ePCK جدید به طور مداوم برای هر معلم علوم در طول هر عمل برنامه‌ریزی، تصویب و تفکر بر روی دستورالعمل ایجاد می‌شود.

بنابراین، ما ePCK را به عنوان دانش تولید شده در طی عمل و در "برنامه‌ریزی" (ePCKP)، تصویب (ePCKT) و تفکر (ePCKR) معلمان علوم در دستورالعمل در شرایط یک کلاس خاص بررسی کردیم. به این ترتیب، ePCK دانش گنگی (ناواضحی) است که زمینه‌ساز عمل در هر یک از این فعالیت‌ها می‌باشد. شاید بتوان ePCKT را به عنوان دانشی که زمینه‌ساز تصمیمات آموزشی معلمان علوم است، تصور کرد. معلمان به دانش آموزان پاسخ می‌دهند - به عنوان مثال، با بازخورد، توضیحات یا اظهارات و پرسش‌هایی - در میان آموزش علوم، بدون بیان واضح (حتی برای خودشان) استدلال پشت این تصمیمات. به طور مشابه، هنگام برنامه‌ریزی، معلمان ممکن است فعالیت‌های آموزشی خاصی را ارائه دهند، با این حس درونی که آن‌ها برای شرایط کلاس بعدی ارائه‌شده مناسب خواهند بود (ePCKP). تفکرات ممکن است با حس یک معلم شروع شود که یک فعالیت معین "خوب پیش نمی‌رود" یا اینکه دانش‌آموز خاصی در بخشی از کلاس گیج شده بود (ePCKR). چنین تفکراتی وابسته به نمونه‌های خاص و یا دانش آموزان خاص، پیش از این به عنوان بخشی از ePCK معلم وجود نداشته است- و یک معلم ممکن است با دانش بیانی مرتبط نباشد تا پایه و اساس نگرانی‌های دانش آموز را بیان کند. همانطور که در بخش زیر بحث شد، این اقدامات شهودی (برنامه‌ریزی، تدریس و تفکر)همگی تحت‌تاثیر pPCK معلم علوم قرار دارند؛ با این حال، در حال حاضر، آن‌ها به عنوان ePCK وجود دارند.

**روابط بین ePCK و pPCK**

در این بخش، ما توضیح می‌دهیم که چگونه - از طریق ایجاد مداوم ePCK و تعامل بین ePCK و pPCK - تجربه آموزشی می‌تواند منجر به تغییراتی در هر ePCK و pPCK معلم علوم شود. ما این فرآیند را در شکل ۱۲.۱ نشان می‌دهیم، که بسط بخش‌های ePCK و pPCK از RCM است (فصل 2 را ببینید)، که هر دو شکل مختلف ePCK و نقاط ویژه‌ای که pPCK بر ePCK تاثیر می‌گذارند و بالعکس را نشان می‌دهد. برای نشان دادن ابهامی که بین ePCK و pPCK (به خصوص در اشکال ضمنی آن‌ها) می‌بینیم، خط رابط بین ePCK و pPCK را تار کرده‌ایم.[[3]](#footnote-3) همانطور که در شکل ۱۲.۱ نشان‌داده شده‌است، در RCM، پیکان های دوطرفه در رابط بین ePCK و pPCK نشان‌دهنده جریان دو سویه بین این دو قلمرو PCK است، که بیانگر این است که چگونه pPCK بر ePCK تاثیر می‌گذارد و بالعکس.



**تفکر**

**(ePCKR)**

**برنامه**

**(ePCKP)**

**آموزش**

**(ePCKT)**

**pPCK**

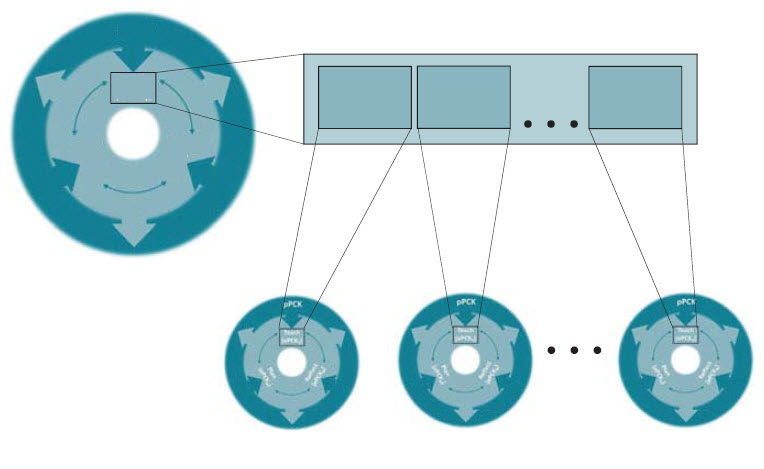
شکل 12.1 روابط بین حالت های ePCK و بین ePCK و pPCK

ابتدا، pPCK بستری برای ePCK در هر مرحله از چرخه برنامه ریزی- آموزش- تفکر ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، ePCK در لحظه تولید می‌شود، اما نه با دست خالی. تمام دانش یک معلم علوم، از تجربیات آموزشی و یادگیری گذشته، از جمله شرایط کلاسی که مشابه با کلاس های فعلی هستند، به عنوان منابع عمل می‌کنند. سه فلش‌های آبی تیره به داخل در شکل ۱۲.۱ نشان‌داده شده‌است که منشاء دانش موجود را نشان می‌دهند. دوم، ePCK به pPCK تبدیل می‌شود، یعنی بخشی از ذخیره دانش موجود برای برنامه‌ریزی، تدریس و تفکر آینده. مطابق با ترکیب pPCK، هم به صورت دانش صریح و هم ضمنی، ممکن است ePCK در هر یک از این فرم‌ها به pPCK تبدیل شود. سه فلش‌های آبی روشن به سمت بیرون در شکل ۱۲.۱ نشان داده شدند، هر مرحله از چرخه برنامه‌ریزی- آموزش- تفکر را دنبال می کنند، نشان‌دهنده تغییر ePCK به هر دو شکل صریح و ضمنی pPCK است. یک فرآیند آگاهانه ممکن است ePCK را به pPCK به شکلی تبدیل کند که توسط معلم مشخص شود. این تحول در وهله اول از طریق تفکر بر یک قسمت آموزش علمی به عنوان الهام و تجربه به عنوان بخشی از دانش آینده که می‌تواند به طور صریح در برنامه‌ریزی، تدریس و تفکر طرح شود، رخ می‌دهد. برای مثال، یک معلم ممکن است مشکل یادگیری دانش‌آموز را در طول کلاس تشخیص دهد و بعدا به صراحت از این تجربه برای آموزش های آینده استفاده کند. در یک فرآیند ناخودآگاه، ممکن است ePCK بدون آگاهی هوشیارانه معلم به طور مستقیم به pPCK تبدیل شود.[[4]](#footnote-4) در این مورد، یک قسمت آموزش علوم (به عنوان مثال، تشخیص مشکل دانش‌آموز) به صورت ناخودآگاه در حافظه گنجانده می‌شود که بخشی از یک پایگاه دانش ضمنی را تشکیل می‌دهد که ممکن است برای اطلاع‌رسانی به فعالیت‌های آینده فعال شود (pPCK ضمنی). تبدیل ePCK به pPCK شامل موارد برنامه‌ریزی و تفکر و همچنین تدریس است.

قبل از باز کردن این مکانیزم ها برای هر مرحله از چرخه برنامه ریزی، آموزش، تفکر، توجه داریم که این چرخه در دو دوره زمانی رخ می‌دهد: یک "ماکرو" که بر واحد آموزش متمرکز است (به عنوان مثال درسی) و یک "میکرو" که در لحظه در طی یک واحد آموزش (یعنی بسیاری از این لحظات در یک درس) متمرکز است. در سطح درسی، معلم درس را برنامه‌ریزی می‌کند، درس را تدریس می کند و سپس در طول درس خواندن و آموزش آن را بازتاب می‌کند. تدریس درسی شامل تمام حرکات آموزشی که معلم علوم می‌سازد می شود (چه برنامه‌ریزی شده و چه برنامه‌ریزی نشده). هنگامی که تفکرات در سطح "ماکرو" روشن می‌شوند، ePCK به عنوان دانش صریح به pPCK تبدیل می‌شود.

همانطور که در شکل ۱۲.۲ نشان‌داده شده‌است، ما همچنین می‌توانیم "تصویر را بزرگ کنیم" تا بررسی کنیم که چگونه آموزش درس علوم (به عنوان یک سری حرکت‌های آموزشی) بوجود می‌آید. در این سطح، ما یک چرخه تفکر- برنامه ریزی- آموزش را مرتبط با هر حرکت آموزشی در چرخه "ماکرو" می‌بینیم. در اینجا، دستورالعمل ("تدریس" در چرخه ی ماکرو) شامل مجموعه‌ای از حرکت‌های آموزشی ("آموزش" در چرخه ی میکرو) است. در مقابل، برنامه‌ریزی و تفکر که به عنوان بخشی از چرخه ی میکرو در طی "آموزش" در چرخه ی ماکرو رخ می‌دهد (به معنی متمایز از برنامه‌ریزی و تفکری که قبل و بعد از یک درس رخ می‌دهد). در یک چرخه ی میکرو، یک مثال خاص (به عنوان مثال، تعامل با دانش‌آموز) باعث تفکر می‌شود (یعنی توجه و تشخیص اهمیت سوالات دانش‌آموز یا کمک به یک بحث کلاسی)، یک برنامه ریزی برای نحوه واکنش و دستورالعمل (یعنی پاسخ، مانند سوال بعدی دانش‌آموز یا تجدید نظر در برنامه آموزشی) وجود دارد. همانطور که این چرخه در یک نمونه واقع می شود، در لحظه‌ای که بین مشارکت دانش آموزان و پاسخ معلم رخ می‌دهد، ePCK تولید شده احتمالا به صورت ضمنی باقی می‌ماند و در نتیجه، به عنوان بخشی از چرخه "ماکرو"، بیشتر به pPCK به شکل ضمنی تبدیل می‌شود.

همانطور که در بالا توضیح داده شد، از آنجا که هر دانش‌آموز و محتوای هر کلاس کمی متفاوت هستند، اکثر موقعیت‌های آموزش، معلمان علوم را با مشابه با شرایط آموزش گذشته و یا معلمان "قبلی"، اما همچنین بی همتایی - مانند این که pPCK موجود مرتبط و مفید است نشان خواهند داد، اما ePCK باید برای یک موقعیت خاص ایجاد شود. بنابراین، هنگام برنامه‌ریزی آموزش، معلمان علوم pPCK موجود خود را به کار می برند، از دانش روش‌های متداولی که دانش آموزان با محتوا و استراتژی‌های آموزشی تعامل دارند که می‌توانند برای رسیدگی به آن محتوا به منظور شناسایی یک مجموعه خاص و توالی فعالیت‌های یادگیری استفاده شوند، استفاده می کنند. همانطور که معلمان آموزش را به یک کلاس درس خاص و گروهی از دانش آموزان آموزش می‌دهند، آن‌ها ممکن است توالی یادگیری و یا حرکات آموزشی را بدون دلیل واضح پیشنهاد دهند (به عنوان مثال، آگاهی از مشکلات یادگیری دانش‌آموز معمولی، آگاهی از شرایطی که تحت آن یک استراتژی آموزشی خاص سودمندتر است)- یا حتی خودشان از آن آگاه باشند. از طریق این فرآیند، معلمان علوم ePCKP خود را تولید می‌کنند.



چرخه برنامه ریزی میکرو - آموزش- تفکر

چرخه برنامه ریزی ماکرو - آموزش- تفکر

**حرکت آموزشی 2**

**حرکت آموزشی 3**

**حرکت آموزشی 1**

**درس**

**آموزش**

**(ePCKT)**

**تفکر**

**(ePCKR)**

**آموزش**

**(ePCKT)**

**pPCK**

شکل 12.2 چرخه های برنامه ریزی ماکرو و میکرو- آموزش- تفکر

آموزش علمی پیچیده و نامعین است و نیازمند پاسخ مداوم به نیازهای یادگیری دانش آموزان و ویژگی‌های محتوای کلاس در لحظه است. در حالی که pPCK معلمان ممکن است شامل گستره‌ای از استراتژی‌های آموزشی مرتبط با شرایط کلاس خاصی باشند، بعید است که معلمان خود را در چنین شرایط دقیقی مانند هر وضعیت آموزشی مشخص بیابند. بنابراین، برای پشتیبانی از یادگیری دانش‌آموز، آن‌ها باید پاسخ‌های مناسبی را برای همان لحظه ایجاد کنند. از طریق این فرآیند، معلمان علوم ePCKT خود را تولید می‌کنند.

در طول و پس از آموزش، معلمان ممکن است بر آموزش برنامه‌ریزی‌شده خود (ePCKP)، سازگاری های در لحظه ی آن‌ها (ePCKT) و یا دانش بنیادین (pPCK) در هر دو تفکر کنند. هنگام تفکر بر نتیجه اجرای یک استراتژی در موقعیت منحصر به فرد یک مجموعه خاص از عوامل تعاملی در محتوای کلاس خاص، معلمان علوم ePCKR تولید می‌کنند. هنگام به کار بردن pPCK (به عنوان مثال، آگاهی از مشکلات دانش‌آموز معمولی و یا اشارات دانش‌آموز معمولی در درک محتوا) که در تمام موقعیت‌های کلاس عملی است، معلمان در تفکرات لحظه‌ای خاص به ویژه مربوط به یک حادثه خاص تحت نظر درگیر می‌شوند. به عنوان مثال، یک معلم ممکن است تشخیص دهد که یک لحظه خاص کلید موفقیتی (یا مشکلی) است که دانش آموزان در یک درس تجربه کرده‌اند، یا می‌تواند همکاری دانش‌آموز خاصی را به عنوان نشانه‌ای از تمایلی تشخیص دهد که قبلا با آن‌ها مواجه نشده بود. هنگامی که این ePCKR به عنوان آگاهی تعریف یا ذخیره می‌شود که، هنگام محتواسازی در کلاس معلم، برای استفاده بیشتر از دانش آموزان خاص و شرایط کلاس درس که تحت آن ایجاد شده‌است، وجود دارد، که بخشی از pPCK یک معلم علوم می‌شود." بدین ترتیب، بینش‌هایی که از موقعیت خاص بدست‌آمده، ممکن است به دانش جدیدی که می‌تواند در موقعیت‌های دیگر اعمال شود، کمک کند.

بنابراین، چه با استراتژی‌های آموزشی مناسب برای شرایط یک کلاس درس داده‌شده (ePCKP)، تشخیص گواه جدید تفکر دانش‌آموز (ePCKT)، یا تفکر بر نتیجه ی استراتژی‌های آموزشی یا پاسخ به مدرک تفکر دانش‌آموز (ePCKR)، معلمان علوم متکی بر pPCK موجود هستند و ePCK جدید تولید می‌کنند. هنگامی که اثبات شد، ePCK جدید را می توان در pPCK معلم مشارکت داد. به این ترتیب، اثر متقابل بین قلمروهای مختلف PCK در هر دو جهت عمل می‌کند: ePCK اطلاع می‌دهد و توسط pPCK اطلاع داده می‌شود.

برای نشان دادن این که چگونه این اشکال مختلف ePCK در یک قسمت آموزش علوم ظاهر می‌شوند، مثال زیر را در نظر بگیرید. یک معلم زیست‌شناسی یک فعالیت برای پرداختن به مشکلات یادگیری مشترک با یادآوری این که چگونه دانش آموزان او برای درک انتخاب طبیعی تلاش کرده‌اند (pPCK)، طراحی می‌کند (ePCKP). هنگام تدریس درس، دانش‌آموز درکی از انتخاب طبیعی که معلم انتظارش را نداشت بیان می‌کند. در آن جا، او تصمیم می‌گیرد از فنچ های گالاپاگوس داروین برای پاسخ به دانش‌آموز (ePCKT)استفاده کند. بعد از مدرسه، معلم به این فکر می‌کند که دانش آموزان چگونه ممکن است با این ایده رشد کنند (ePCKR). زمانی که او دوباره انتخاب طبیعی را آموزش می‌دهد ایده دانش‌آموز و توضیحات او را به یاد می‌آورد تا بتواند پاسخ را پیش‌بینی کند (pPCK). با در نظر گرفتن تنها پاسخ آموزشی معلم در درس، ما می‌توانیم برای دیدن بیشتر اینکه چگونه ePCK در سطح چرخه میکرو که در بالا توضیح داده شد به کار می رود، بیشتر زوم کنیم. در حالی که برخی شواهد تفکر دانش آموزان ممکن است به روش‌هایی ارائه شود که کاملا با آگاهی اولیه ی معلم ها مطابقت داشته باشد (یعنی pPCK)، اغلب وضعیت‌های کلاس به معلمانی نیاز دارند تا چیزی را تشخیص دهند که قبلا با آن‌ها مواجه نشده اند- چه یک روش خاص برای بیان الگویی شناخته‌شده از تفکر دانش‌آموز و یا مدرکی از تفکر دانش‌آموز نابغه. بنابراین هنگامی که دانش‌آموز درک خود از انتخاب طبیعی را بیان می‌کند، معلم باید فورا ایده ی دانش‌آموز را درک کند (یعنی چیزی که در مورد درک دانش آموزان است، آنچه که دانش‌آموز درک می کند و درک نمی کند؛ ایجاد ePCKR). همچنان معلم باید در لحظه تصمیم بگیرد که چگونه واکنش نشان دهد (یعنی یک حرکت آموزشی را برنامه‌ریزی کند؛ ایجاد ePCKP) و پاسخ برنامه‌ریزی‌شده (تولید ePCKT) را اجرا کند. در این موارد، به احتمال زیاد ePCK به طور ضمنی به pPCK تبدیل خواهد شد، اما این تصمیم نیز برای تفکر در چرخه ی ماکرو موجود است و در نتیجه می‌تواند به توسعه pPCK صریح تر کمک کند.

**توضیح پیچیدگی PCK معلم های علوم در عمل: مثال های تجربی**

در بخش‌های فوق، یک مفهوم‌سازی از ePCK و رابطه‌اش با pPCK را به منظور باز کردن این که چگونه این حیطه ها از PCK در لحظه ی برنامه‌ریزی، تدریس و تفکر تاثیر می گذارد، قرار دادیم. در این بخش، ما نمونه‌هایی از کار تجربی در PCK را ارائه می‌دهیم که هم به تشریح می از مفهوم سازی ما کمک می‌کند و هم پیچیدگی دانش را در عمل آشکار می‌سازد که ما به دنبال درک آن با بیان ePCK و pPCK هستیم. ما با مثالی از فرایندهایی شروع می‌کنیم که در آن pPCK به ePCK تبدیل می‌شود و سپس ePCK به pPCK از طریق استدلال آموزشی تبدیل می‌شود. این مثال به ایجاد ویژگی‌های خاص دقیق تری از ePCK و pPCK که در بالا توضیح داده شد کمک می‌کند و توضیح بیشتری از استدلال آموزشی ذاتی در تحول از ePCK به pPCK ارائه می‌دهد.

از آنجا که ePCK دانش ضمنی است، بهترین تلاش‌ها برای ثبت ePCK ممکن است تنها منجر به تشابهاتی از این حیطه ی PCK معلمان علوم شوند. دو مثال بعدی در این بخش رویکردهای مختلفی برای ایجاد این تشابهات را نشان می‌دهند، هر دو به دنبال درک ePCK هستند که در لحظه آموزش (یعنی، در چرخه های میکرو از برنامه ریزی- آومزش- تفکر) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مثال‌ها برای نشان دادن پیچیدگی ثبت ePCK بکار می‌روند و اشاره می‌کنند که تشابهات منطقی کجا می‌توانند و نمی‌توانند ساخته شود.

هر سه مثال ابزارها و رویکردهایی را نشان می‌دهند که برای ثبت و یا حمایت PCK معلمان علوم در عمل توسعه داده شده‌اند. در حالی که ابزارهای استاندارد شده را می توان برای ارزیابی اینکه آیا معلمان cPCK خاصی به دست آورده‌اند یا خیر مورد استفاده قرار می‌گیرند، ماهیت مفهوم سازی شده ی pPCK و ePCK نیازمند انواع مختلفی از ابزارها و رویکردها هستند. در زیر، استفاده از برخی از این ابزارها و رویکردها تا حدی را شرح می‌دهیم و اینکه آن‌ها می‌توانند برای به دست آوردن بینش در مورد ePCK و یا pPCK معلمان علوم و تعامل بین آن ها مورد استفاده قرار گیرند.

**استدلال آموزشی: تغییرات بین ePCK و pPCK در چرخه های میکرو و ماکرو از برنامه ریزی-آموزش-بازتاب**

به منظور تحریک تفکرات معلمان علوم و توسعه PCK آن ها، نشان‌داده شده‌است که نمایش محتوا (CoRes) ابزار آموزشی مفیدی است (هیوم و بری، ۲۰۱۱؛ لوگران، بری، و مالهال، ۲۰۰۶؛ نیلسون و لوگران، 2012). علاوه بر این، کایند (2009) در بررسی خود بر PCK اظهار داشت که ابزار CoRe، مفید ترین تکنیک که تا به امروز در تحقیقات آموزش علوم برای استخراج و ثبت PCK مستقیم از سوی معلمان طراحی شده‌است را ارایه می‌دهد. ساخت یک CoRe نیازمند این است که معلم درباره نحوه آموزش یک موضوع خاص به منظور ارتقا یادگیری دانش آموزان، تامل کند. این کار معلم را وادار می‌کند که چیزی که "ایده‌های بزرگ" نامیده می‌شود را بیان کند و پرسش‌هایی را که شامل: آنچه دانش آموزان باید در مورد هر ایده ی بزرگ بدانند؛ چرا برای دانش آموزان مهم است که این ایده‌ها را بدانند؛ و چگونه این ایده‌ها با آگاهی که معلم در مورد این محتوا دارد، تطبیق دارند. در این روش، کار با CoRe به عنوان یک ابزار تفکر، پتانسیل تبدیل آگاهی ضمنی معلمان علوم به pPCK صریح را دارد، اما هنگام اجرا در روش تدریس، اطلاع‌رسانی به معلمان (ePCKP)، تدریس (ePCKT) و تفکر (ePCKR). CoReممکن است برای نشان دادن دیدگاه‌های جمعی گروهی از معلمان علوم برای تدریس یک موضوع خاص مورد استفاده قرار گیرد، به طوری که یک CoRe همچنین شکلی از cPCK برای این گروه معلمان را نشان می‌دهد.

در تحقیقات نیلسون و کارلسون (2018)، CoRe به عنوان ابزاری برای تحریک تفکر معلمان علوم دانش آموز در رابطه با پیوند بین محتوا، تدریس و یادگیری دانش آموزان به طوریکه به صورت منفرد برنامه ریزی کردند و آموزه های علمی را به کلاس درس فرعی خاص و گروهی از دانش آموزان تدریس کردند. به این ترتیب، هر CoRe معلم منحصر به فرد دانش آموز به منظور تحریک تبدیل pPCK به ePCK (برای برنامه‌ریزی، تدریس و تفکر) مورد استفاده قرار گرفت. در طی فرآیند برنامه‌ریزی، دانشجویان تربیت معلم تشویق شدند تا از منابعی مانند مطالب درسی و تحقیقات آموزشی استفاده کنند و در نتیجه از فرآیند تبدیل cPCK به pPCK حمایت کنند. سپس دانشجویان تربیت معلم کلاس علوم را براساس CoRe ساخته شده ی خود آموختند. به دنبال تدریس آن ها، دانشجویان تربیت معلم درس‌های ضبط‌شده خود را مشاهده کردند و ترغیب شدند تا به عملکرد آموزشی خود برای شناسایی لحظات غیر منتظره (که در رابطه با رویداده‌ای بحرانی (مانند حوادث بحرانی) در رابطه با CoRe های خود تفکر کنند. هر دانشجوی تربیت معلم دو قسمت آموزش علمی را انتخاب کرد، کههر کدام حدود ۴ - ۸ دقیقه به طول می انجامیدند: (۱) یک حادثه بحرانی که در آن وی مطابق با ایده‌های بزرگ در CoRe موفق شده بود و (۲) یک حادثه بحرانی که در آن وی در برآورده کردن جاه‌طلبی‌های خود در CoRe مشکلاتی را تجربه کرده بود. دانشجویان تربیت معلم در ویدئوها به این دو رویداد مهم اشاره می کنند و استدلال می‌کنند که آیا آن‌ها در رسیدن به اهداف خود در CoRe موفق بوده‌اند یا خیر. به این ترتیب، درس‌های ضبط‌شده دانشجویان تربیت معلم به عنوان تکیه گاه و ساختاردهی بیان آن ها از استدلال آموزشی در لحظه، تبدیل ePCKT و ePCKR به pPCK مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که طراحی CoRe پیش از تدریس، آگاهی دانشجویان تربیت معلم علوم را در مورد مسائل آموزش حول محتوای علمی خاص افزایش می‌دهد و آن‌ها را در تفکر و تصمیم‌گیری درگیر می‌کند که باعث می شود آن‌ها در کلاس‌ها اجرا شوند. به این ترتیب، این تحقیق از این مفهوم پشتیبانی می‌کند که استدلال در مورد نمونه‌های خاصی از روش می‌تواند دانشجویان تربیت معلم کمک کند تا جنبه‌های مختلفی از pPCK (به عنوان مثال، آگاهی از محتوا و آگاهی از درک دانش آموزان) و همچنین ePCK (یعنی آگاهی که معلمان در لحظه عمل طراحی به کار می برند، جاییکه در آن عمل ممکن است شامل برنامه‌ریزی، تدریس و یا تفکر در آموزش باشد) خود را توسعه دهند. استفاده از CoRe به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی درس علوم، چرخه ی ماکرو از واحد آموزش را نشان می‌دهد. در عین حال، استفاده از نظرات مربوط به ویدئو که حوادث بحرانی را برجسته می‌کند، چرخه ی میکرو را نشان می‌دهد. چنین روشی برای سازماندهی کار متفکرانه دانشجویان تربیت معلم در طول کاراموزی به معنای تبدیل از pPCK به ePCK شکل پیچیده‌تر pPCK از طریق فرآیند استدلال آموزشی، هم از دیدگاه ماکرو - و هم از دیدگاه سطح میکرو می باشد. به این ترتیب، CoRe، همراه با ابزار حاشیه‌نویسی تصویری، ثابت کرد که در تکیه گاه، ساختاربندی و حتی تبدیل نظرات دانشجویان تربیت معلم موفق بوده و در نتیجه به توسعه pPCK کمک کرده‌است.

**تقریب ePCK در میکرو چرخه های برنامه ریزی- آموزش- بازتاب**

ماهیت ضمنی ePCK یک چالش روشن برای محققانی ایجاد می‌کند که به دنبال ثبت این حیطه از PCK هستند. حتی زمانی که به یک نمونه خاصی از آموزش علم، آثاری مانند برنامه‌های درسی و یا فیلم‌های تفسیر شده مربوط می‌شود (وقتی که استدلال معلمان به عنوان بخشی از فرآیند ماکرو برنامه‌ریزی و یا تفکر بیان می شود)، به جای ePCK ثبت می‌شود. از آنجا که ePCK به pPCK تبدیل می‌شود، چون صریح است، ما استدلال می‌کنیم که ثبت ذات حقیقی ePCK غیر ممکن است. یک رویکرد دیگر تلاش برای استنباط ePCK از طریق شواهدی از برنامه‌ریزی، تدریس و تفکر آن است که در ارتباط با یک حرکت آموزشی واحد رخ می‌دهد (به عنوان مثال، چرخه برنامه ریزی میکرو- تدریس- تفکر). در این بخش دو مثال از این روش را شرح می‌دهیم.

تحقیقات علوم شناختی حاکی از آن است که حتی زمان کوتاهی پس از یک فعالیت مشخص، افراد نمی‌توانند دقیقا چیزی را به یاد بیاورند که در آن فعالیت درگیر بودند (به عنوان مثال، اریکسون و سایمون، ۱۹۹۳؛ لیتون، ۲۰۰۴). بنابراین، دلیلی وجود دارد که باور کنیم استنباط ePCK مرتبط با حرکت آموزشی ارائه شده، نیازمند معلمانی است تا "به صدای بلند فکر کنند" (اریکسون و سایمون، ۱۹۹۳)، هنگام تدریس (یعنی برای استدلال تربیتی، برنامه‌ریزی، اجرا و تفکر در مورد آن حرکت آموزشی).[[5]](#footnote-5) "تفکر با صدای بلند" اجازه می‌دهد نتیجه گیری های ePCKT مستقیما از حرکت آموزشی مشاهده شده ساخته شود، اما فرصت‌هایی را نیز فراهم می‌آورد (a) تا pPCK مرتبط با برنامه‌ریزی و تفکر را استخراج کند (به عنوان یک پروکسی برای ePCKP و ePCKR) و (b) برای استخراج pPCK مرتبط با آموزش (برای بررسی نتیجه گیری های در مورد ePCKT که مستقیما از اقدامات آموزشی استفاده می‌کنند). متاسفانه، این ایده‌آل در تنظیمات کلاس واقعی به روشنی امکان پذیر نیست. بنابراین، محققان به کار با معلمان علوم در خارج از چارچوب کلاس درس می‌پردازند تا سعی کنند که جنبه‌های چرخه برنامه ریزی- آموزش- تفکر را که در حین آموزش اتفاق می‌افتد شبیه‌سازی یا دوباره ثبت کنند. ما روشی از هر نوع را در بخش‌های زیر توصیف می‌کنیم.

**مستند کردن گواهی ePCK و pPCK مرتبط**

مجموعه های آموزشی و حرفه ای- با تجربه (PaP-eRs) (لوگران، میلروی، بری، مالهال، و گانستون، ۲۰۰۱) یکی از روش‌های ارائه تصمیمات و اقدامات آموزشی معلمان علمی را ارائه می کنند. PaP-eRs شرح مختصری هستند (۱ تا ۲ صفحه) که برای نشان دادن اندیشه ها و اعمال یک معلم علوم با آگاهی در آموزش جنبه خاصی از محتوا به دانش آموزان در یک زمینه خاص طراحی شده‌اند. PaP-eRs شامل اطلاعاتی در مورد محتوای کلاس، تفکر معلم درباره محتوا، مثال‌هایی از پاسخ‌های دانشجویان، و آنچه در مورد محتوای استراتژی برای آموزش و یادگیری و چرایی آن است. PaP-eRs ها توسط محققان در مشاوره با معلمان از داده های بدست‌آمده حین مشاهده ی یک کلاس علوم خاص و یا مصاحبه با یک معلم در مورد نمونه ای از عملی که در آن به درک محتوا به عنوان نتیجه‌ای از تدریس ساخته می‌شوند. از طریق آشکارسازی این اجزا در کلاس درس و استدلال معلم مربوطه، PaP-eRs جنبه‌های ePCKT و ePCKR و ePCKR یک معلم در چارچوب دستورالعمل‌های آموزشی که در این درس رخ می‌دهند، ثبت می‌کنند، و در نتیجه PaP-eRs پس از درس، ePCKR آن ها را در چرخه ی ماکرو آموزش همانطور که معلم ها به آموزش برنامه‌ریزی‌شده خود و نتایج دانش‌آموز بعدی خود فکر می‌کنند، می سازد.

برای مثال، برترام و لوگران (2012) از CoRes در ترکیب با PaP - eRs برای بررسی توسعه PCK معلمان علوم ثانویه باتجربه در طول یک دوره دو ساله استفاده کردند. در این مطالعه، معلمان شرکت‌کننده ( n=6) به تنهایی CoRes را برای یک موضوع علمی که برای آموزش برنامه‌ریزی کرده بودند ایجاد کردند، سپس در مورد فرآیند تصمیم‌گیری و چگونگی تاثیر آن بر تفکر آن‌ها در مورد آموزش و یادگیری و اینکه چگونه بر درک آن‌ها از PCK تاثیر می‌گذارد، اندیشیدند. همان طور که برترام و لوگران (2012) اشاره کردند:

در ایجاد CoRe، معلمان را مجبور به تفکر صریح و ارتباط با دانش ضمنی خود در مورد آموزش و یادگیری کردند. بنابراین، فرآیند کار از طریق توسعه یک CoRe، این شرکت کنندگان را ترغیب کرد تا راه‌هایی پیدا کنند که آن ها را می دانستند و چگونه آگاهی خود از عمل را توسعه دادند. (ص. ۱۰۳۶)

پس از آموزش این موضوع، از شرکت کنندگان درخواست شد تا یک PaP-eR (در هم‌کاری با محققان) توسعه دهند که قسمتی از آموزش کلاس خاصی را در علوم بر پایه CoRe نشان می‌دادند. همانطور که یکی از شرکت کنندگان اشاره کرد:

"بنابراین، چیزی که من احساس می‌کنم این است که این [ PaP-eR ] آموزش می دهد، مستند سازی می کند، بیان صریح دارد - آن نوع فرآیندی که … در تفکر، فرآیندی است که ... در تمام مدت، در رابطه با تدریس در ذهن من خواهد بود …". (ص. شماره ۱۰۴۰)

تحقیق برترام و لوگران نشان داد که استفاده از ابزار CoRe و PaP - eR آگاهی معلمان علوم را از روش (یعنی تبدیل از ePCK به pPCK) از طریق ایجاد آگاهی صریح و اشتراک دانش در مورد آموزش و کمک به برجسته‌سازی روش‌هایی که در آن‌ها محتوا و اهداف به شدت به آموزش مرتبط هستند، افزایش دادند. به طور خاص، تمام شرکت کنندگان ادعا کردند که توسعه PaP - eRs آن‌ها را ترغیب به خود آزمایی و ارزیابی خود از زمینه‌های خاص و شیوه‌های آموزش (pPCK و ePCKR) می‌کند و به شناسایی مناطقی کمک می‌کند که در آن‌ها می‌توانند بهبود یابند (به عنوان مثال، ارتباط با دانش آموزان خاص و نیازهای آموزشی آن‌ها).

**شبیه سازی ساخت ePCK خارج از کلاس**

جنبه‌های شبیه سازی چرخه برنامه ریزی- تدریس- تفکر که در طول آموزش علوم رخ می‌دهد، خارج از کلاس شامل توازنی بین اعتبار وضعیت یک کلاس واقعی (همانطور که در PaP-eRs ارائه شد) و توانایی جذب تقریبی ePCK است که در وضعیت‌های واقعی کلاس عملی نیست. این روش، در حالی که معلمان خود را با دانش آموزانشان در زمینه‌های آموزشی درگیر نمی‌کنند، اغلب عناصر شرایط آموزش واقعی، مانند تلاش های واقعی (به عنوان مثال، ویدئویی از دانش آموزان که ایده‌های خود را بیان می‌کنند) و قالب‌های پاسخ واقعی (به عنوان مثال، تعامل با یک بازیگر زنده) را در بر می‌گیرد. تا به امروز، این روش‌ها تمام سه نوع ePCK را ثبت نکرده اند، بر روی معلمان تشریح تصمیم‌گیری در لحظه معلمان (ePCKP و ePCKR) متمرکز است و یا محققان نتیجه گیری هایی بر پایه اقدامات آنی معلمان انجام داده‌اند (ePCKT).

آلونزو و کیم (۲۰۱۶) به منظور شبیه‌سازی مواجهه یک معلم علوم با تفکر غیر منتظره دانش‌آموز در یک کلاس درس، معلم هایی با فیلم‌هایی از دانش آموزان نشان دادند که ایده‌هایی درباره نیرو و حرکت بیان کردند. این ویدیوها که همگی برگرفته از کلاس‌های فیزیک واقعی مشابه با معلم های شرکت‌کننده بودند، تفکر دانش‌آموز غیرعادی را برجسته کردند - یعنی، "ایده‌ها یا سوالات دانش‌آموز غیر منتظره یا جدید" (ص. ۱۲۶۸). از معلمان ابتدا خواسته شد تا تفکر دانش‌آموز در ویدئو را توصیف کنند و سپس توضیح دهند که چگونه ممکن است به آن دانش آموز پاسخ دهند. هدف این بود که استدلال در لحظه ی معلمان را ثبت کنیم اگر یک دانش آموز در کلاس همان بیانیه را ارائه و یا سوال کند، و از معلمان بخواهید که به ترتیب ePCKR و ePCKP را به ترتیب تشریح کند (به pPCK تبدیل کنند)، که ممکن است در حیطه ی پاسخ آموزشی کلاس باشند.

در مقابل، دو گروه تحقیقاتی آلمانی روش‌هایی را برای شبیه‌سازی وضعیت‌های آموزش علوم و پاسخ‌های واقعی معلمان به دانش آموزان ابداع کرده‌اند (یعنی فرصت‌هایی برای استنباط ePCKT)، اما به معلمان نیازی ندارند که برنامه‌ریزی خود را توصیف کنند یا فرآیندهای را بیان کنند و در نتیجه، نیازی نیست ePCKP یا ePCKR را ثبت کنند. در حوزه آموزش ریاضی، لیندمیر و همکاران (نیول، لیندمیر، و هاینز، ۲۰۱۵؛ لیندمیر، ۲۰۱۱) از ویدئوهایی استفاده کردند که تفکر دانش‌آموز را برجسته می‌کند. با این روش، محققان حرکت‌های آموزشی معلمان در پاسخ به ویدئو را ثبت می‌کنند و در نتیجه ePCKT زیربنایی آن‌ها را استنتاج می‌کنند. این روش (مانند موردی که توسط آلونزو و کیم به کار می‌رود) شامل یک حرکت آموزشی منفرد است.

روش مورد استفاده توسط کولگمیر و شکر (2013) شامل حرکات آموزشی چندگانه است. در این روش، به معلمان برای آماده‌سازی توضیح یک مساله فیزیک خاص فرصت داده می‌شود و سپس از آن‌ها خواسته می‌شود تا این توضیح را به یک "دانش آموز" (یک بازیگر آموزش ویژه) ارائه دهند. دانش‌آموز سوالاتی می‌پرسد یا پاسخ‌های دیگری به توضیحات معلم ارائه می‌کند و از یک متن از پیش تعیین‌شده استفاده می‌کند. با این روش، محققان می‌توانند حرکت‌های آموزشی را که معلم علوم در طول تعامل توضیح ایجاد می‌کند ثبت کنند و در نتیجه، شواهدی را برای ePCKT در چرخه‌های چندگانه ی برنامه ریزی- تدریس- پاسخ استنتاج می‌کنند.

در مثال‌های فوق، آلونزو و کیم ePCKP و ePCKR را ثبت کردند، در حالی که لیندمیر، کولگمیر و همکارانش ePCKT را ثبت کردند. به منظور ثبت هر سه شکل ePCK، یکی باید وضعیت ترکیبی را تصور کند، که در آن معلمان علوم توسط مدرک تفکر کردن دانش‌آموز ارائه می‌شوند و سپس از آن ها خواسته می شود: (a) نه تنها پیشنهادی برای اینکه چگونه به تفکر دانش آموز بلکه به تفکر و برنامه ریزی تحت پاسخ آموزشی پیشنهاد شده را نیز پاسخ دهند (یعنی، تبدیل ePCKR و ePCKP به pPCK) و (ب) آن پاسخ را اجرا ‌کنند (یعنی، شواهدی را ارائه کنند که از آن ePCKT استنباط می‌شود).

یکی از مزایای این روش‌ها این است که آن‌ها اجازه مقایسه ی معلمان را می‌دهند. در حالی که مشاهده چندین معلم علوم مختلف در همان وضعیت کلاس "واقعی" ممکن نیست، همان ویدئو را می توان بارها و بارها نشان داد، و بازیگران را می توان در هنگام تعامل با بسیاری از معلمان مختلف آموزش داد. در عین حال، این مزیت یک محدودیت است، که در آن ePCK - مانند pPCK است که بر پایه آن می باشد - مختص حیطه آموزه های خود معلم است. شبیه‌سازی‌های خارج از نوار کلاس این موضوع را از بیان واقعیت جدا می‌کند. بنابراین، این احتمال وجود دارد که چندین رویکرد، به طور ترکیبی، برای ePCK تقریبا کامل معلم مورد نیاز باشد. روش‌هایی مانند PaP-eRs قابلیت اطمینان کامل را فراهم می‌کنند، در حالی که شبیه‌سازی در خارج از کلاس ممکن است تقریب نزدیک‌تر ePCK را ثبت کند.

**نتیجه گیری**

تا به امروز، تحقیقات در زمینه PCK در حوزه آموزش علوم تا حد زیادی بر شکل های نسبتا ثابت دانش گزاره‌ای متمرکز است و بنابراین درک ما از ترکیب و ساختار معلمان را عمیق‌تر کرده‌است (شکل ۲.۳، فصل ۲). مانند فصل‌های دیگر بخش سوم، ما نشان می‌دهیم که چگونه می توان از RCM برای دسته‌بندی حوزه‌های مختلف PCK استفاده کرد و بنابراین، به وضوح تمرکز تلاش برای یک تحقیق و یا تلاش آموزش معلم را بیان می‌کند. همانطور که در شکل‌های ۱۲.۱ و ۱۲.۲ نشان‌داده شده‌است، دریافتیم که شناسایی انواع مختلف قانون گذاری و در نتیجه انواع مختلفی از ePCK که در حال اجرا هستند چرخه‌های برنامه ریزی میکرو- تدریس- تفکر را نشان می‌دهند، مفید است. ما در انجام این کار، پیکر رو به رشد تحقیقی را برجسته می‌کنیم که توجه بیننده را به مرکز RCM، کاوش ePCK معلمان علوم (یعنی، در عمل) و روابطی که بین ePCK و pPCK وجود دارد، جلب می‌کند. ما استدلال می‌کنیم که این کار ضروری است اگر می‌خواهیم نه تنها چیزی را که معلمان علوم می‌دانند، بلکه این که آگاهی چگونه به تجربیات یادگیری برای دانش آموزان تبدیل شود را درک کنیم.

ما توجه زیادی به RCM و تعهد به جنبه‌های کار معلمان داریم که در عمل اتفاق می‌افتد. در حالی که RCM این قلمرو از PCK را تایید می‌کند (یعنی، ePCK)، هنوز به طور کامل مشخص نشده است. بنابراین در این بخش به دنبال بازکردن ePCK و رابطه‌اش با pPCK هستیم. با در نظر گرفتن ePCK برای دانش ضمنی در عمل، تاکید می‌کنیم که دانش معلمان اغلب صریح و روشن نمی‌باشد، به خصوص در میان تعامل با دانش آموزان. دیدگاه ما درباره رابطه بین ePCK و pPCK به ما این امکان را می‌دهد که توضیح دهیم چگونه استدلال آموزشی رشد تدریجی pPCK را در پاسخ به تجربه آموزش محتوای خاص به دانش آموزان خاص در زمینه‌های خاص تسهیل می‌کند. این دیدگاه همچنین به ما کمک می‌کند تا بیان کنیم که چرا ثبت دقیقا آنچه که یک لحظه از آموزش را ممکن می‌سازد دشوار است. بسیاری از مواردی در این لحظه اتفاق می‌افتد ضمنی است. در حالی که معلمان تعدادی حرکات آموزشی را در طول یک کلاس انجام می‌دهند - بسیاری از آن‌ها برنامه‌ریزی نشده اند و در این لحظه تولید می‌شوند- به شدت برای منابع آگاهی نادر است (به عنوان مثال، دانش، تصمیم‌گیری) که یک حرکت خاص را به عنوان بخشی از دستورالعمل مشخص می‌کند. ما نمی‌توانیم به طور مستقیم ePCK درگیر در برنامه‌ریزی، تدریس و یا تفکر را مشاهده کنیم و در نتیجه دقیقا نمی‌دانم چه چیزی انگیزه یک حرکت آموزشی ارائه شده را تحریک می‌کند.

ما این تفسیر از ePCK و رابطه‌اش با pPCK را با هدف توانمند سازی سایر محققان برای استفاده از این منطقه بحرانی RCM مطرح کردیم. از آنجا که دیگران به درخواست توجه بیشتر بر PCK در عمل توجه می‌کنند (به عنوان مثال، هنز و ون دریل، ۲۰۱۵)، ساختارهای ePCK و pPCK را به خصوص برای آشکارسازی در ارتباط با اهداف و چالش‌های تحقیقات ما و ابداع راه‌های دستیابی به جنبه‌های خاص PCK در عمل می‌بینیم.

1. این بیان نمی کند که pPCK و cPCK در طی زمان تکامل نمی یابند (در واقع، همانطور که در زیر شرح داده شد، ما بحث می کنیم که pPCK از طریق ساخت ePCK تغییر می کند). هرچند، pPCK و ePCK هر دو در مفهوم ثابت هستند که (از نظر تئوری) بیان آگاهی و از این رو اندازه گیری آن ممکن است، ضمن اینکه ePCK غیر قابل بیان و ناپایدار است، تنها در لحظه وجود دارد (قبل از تبدیل بالقوه به pPCK). به عبارت دیگر، ما کاملا انتظار داریم که تمام سه حیطه ی PCK معلمان در طی زمان تغییر خواهد کرد، اما آن تغییر در ePCK در یک مقیاس زمانی بسیار کوتاهتر رخ خواهد داد. [↑](#footnote-ref-1)
2. در مقابل، یعنی تمرکز بر دانشی که بیانی و ثابت نیست، ما با نوشته ای در ارتباط هستیم که به PCK پویا اشاره دارد (برای مثال آلونزو و کیم، 2016؛ اشملزینگ و همکاران، 2013) بر خلاف PCK بیانی. [↑](#footnote-ref-2)
3. اگرچه در اینجا بحث نشد، ما انتظار داریم که ابهامات مشابه موجود در تقابل pPCK-cPCK؛ از این رو، خارج از حلقه ی pPCK (یعنی مرز بین pPCK و cPCK) مانند قسمت تار شده در شکل 12.1. [↑](#footnote-ref-3)
4. مکالمات تکرار شده با شرایط مشابه ممکن است در نهایت باعث شود که آگاهی ضمنی به صریح تبدیل شود، خلاف آن نیز ممکن است درست باشد، یعنی آگاهی صریح ممکن است ضمنی شود، برای مثال، در روتین سازی حرکات آموزشی معین در طی زمان، آنچانکه مورد با معلمان با تخصص بالا. از این رو، ePCK که به pPCK به شکل ضمنی تبدیل شد ممکن است در نهایت pPCK صریح شود، و ePCK که به pPCK صریح تبدیل شد در نهایت به pPCK ضمنی تبدیل شود. [↑](#footnote-ref-4)
5. هنگام تصدیق اینکه بازیابی ویدئوی محرک اغلب یادآوری استدلال های در لحظه ی معلمان را ضمنی می کردند (برای مثال، اکرسون، فلیک و لدرمن، 2000؛ نیلسون، 2008)، به دنبال اریکسون و سایمون (1993)، به نظر می رسد چنین تلاش هایی ممکن است باعث دسترسی به pPCK موجود شود (یعنی روشی که یک معلم اتفاق یک کلاس ارائه شده را بعد از حقیقت منطقی می سازد)، برخلاف pPCK که به طور مستقیم از ePCK طی بازیابی ... تبدیل می شود. (یعنی، pPCK که بتواند به عنوان یک پروکسی مستقیم برای ePCK اجرا شود). [↑](#footnote-ref-5)