جایگاه معنا در آموزش محاسبات[1]

تعریف معنا

در طول بیست سال گذشته، ادبیات مربوط به دستورالعمل حساب به طور فزاینده‌ای کلمه‌های «معنی»، «معنادار» و «معناداری» را به همراه داشته‌است. برای بعضی از افراد، این اصطلاح‌ها چیزی بیش از واژگانی در حوزه‌ی آموزش ابتدایی مدرن نیستند که به این دلیل مورد استفاده قرار می‌گیرند که مد روز هستند. برای افراد دیگر، این کلمه‌ها به عنوان نمادی از اعتراض مبهمی نسبت به آن چیزی عمل می‌کنند که آن‌ها، حساب «سنتی» می‌نامند، هرچند که نکات مثبت اندکی به عنوان جایگزین ارائه می‌دهند. برای بقیه، این اصطلاح‌ها برای استفاده در ارتباط با تجارب محاسباتی هستند که از نیازهای احساس شده در کودکان به وجود می‌آیند. این استفاده سوم، بر خلاف دو دسته‌ی اول، مزیت مشخصی دارد. این تعریف، شرایط خاص یادگیری و انگیزه را بیان می‌کند. کودکان فرصتی برای استفاده از ایده‌ها و مهارت‌های محاسباتی خود برای رسیدن به هدف، به دست می‌آورند.

با این حال در این مرحله باید بین معنای یک چیز و معنای یک چیز برای چیز دیگری و به طور خلاصه، بین معنای چیزی و معنا برای چیزی تمایز قائل شویم. من به میزان کمی درباره معنای بمب اتم می‌دانم، زیرا دانش شیمی و فیزیک لازم برای درک دقیق آن را ندارم. اما فکر می‌کنم به میزان زیادی درمورد معنای بمب اتم برای چیزهای دیگری مثل صلح یا تخریب فرهنگی می‌دانم.

تمایز پیشنهادی من، بازی با کلمات یا موشکافی در نظریات نیست. عدم شناخت علاقه‌مندان به بهبود دستورالعمل‌های حساب درمورد تفاوت بین معنای چیزی و معنا برای چیزی، توافق درمورد رویه‌ها را دشوار می‌سازد.

[1] Arithmetic

ما از کلمات مشابه، اما با مفاهیم متفاوت استفاده می‌کنیم. استفاده سوم، یعنی اینکه کودکان تجربیات محاسباتی معناداری را هنگام استفاده از حساب در ارتباط با نیازهای واقعی زندگی داشته باشند، به معنا برای چیزی، مربوط می‌شود. این مورد برخی ترجیح می‌دهند چنین تجربیات محاسباتی را به جای «معنادار»، «با اهمیت[1]» بنامند.

از سوی دیگر، همانطور که معنی بمب اتم در علوم فیزیکی مربوطه یافت می‌شود، معانی حساب نیز در ریاضیات یافت می‌شود. این معانی در زمینه‌های زندگی که معمولاً در آن‌ها جای گرفته‌اند، پیدا نمی‌شوند؛ مگر اینکه کسی از قبل این معانی را بداند. این معانی باید در روابط ریاضی مربوطه و در مفاهیم، تعمیم‌ها و اصول آن جست‌وجو شوند. در این مفهوم، کودک هنگامی تجربه حساب معناداری دارد که وضعیتی که با آن روبه‌رو می‌شود از لحاظ ریاضی «منطقی باشد». او زمانی که می‌داند به لحاظ محاسباتی چه کاری انجام دهد و می‌داند چگونه آن کار را انجام دهد، در ارتباط با یک وضعیت مقداری، به طور معناداری رفتار می‌کند؛ و زمانی دارای معانی محاسباتی است که محاسبات را به عنوان جزئی از ریاضیات درک کند. پس معنای محاسبات می‌تواند به عنوان درک مفاهیم ریاضی تعریف شود و این کلمه در این مقاله، به همین معنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

من به گونه‌ای از معانی صحبت کردم که گویی مطلق هستند، یعنی یا چیزی معنی دارد یا ندارد. با این حال درمورد یادگیری، معانی به جای مطلق بودن، نسبی هستند. درجاتی از معانی وجود دارد؛ درجاتی از آنچه که ممکن است میزان، دقت، عمق یا پیچیدگی نامیده شود؛ و رشد در معانی می‌تواند در هر یک از این ابعاد رخ دهد. برای جنبه‌های نسبتاً کمی از زندگی و همچنین برنامه آموزشی مدرسه (از جمله محاسبات)، به دنبال تحقق معنای کامل چیزی هستیم. علاوه بر این، هر درجه معنایی که بخواهیم کودکان داشته باشند، نمی‌توانیم تمام آن را به یک باره ایجاد کنیم. در عوض، در سطوح مختلف با مفاهیم متفاوت متوقف می‌شویم؛ یعنی اکنون در این سطح معنا را هدف قرار داده و بعد از آن در سطح بالاتر و به همین ترتیب.

[1] significant

محاسبات معنادار

محاسبات «معنادار»، در مقابل محاسبات «بی‌معنا»، به دستورالعملی اشاره دارد که به عمد، برای آموزش معانی محاسباتی و محسوس کردن محاسبات برای کودکان از طریق روبط ریاضی، برنامه‌ریزی شده‌است. همه معانی احتمالی تدریس نشده و همچنین همه معانی، به میزان تمامیت یکسانی تدریس نمی‌شوند. پس محاسبات معنادار می‌تواند به عنوان اشغال کردن مکانی در سمت راست مقیاس معناداری، تعبیر شود. از سوی دیگر، محاسبات «بی‌معنا» جایی به سمت انتهای سمت چپ این مقیاس، اما نه در نقطه صفر، را اشغال می‌کند؛ زیرا به سختی می‌توان محاسبات کاملاً بی‌معنایی پیدا کرد. محاسبات بی‌معنا، تنها نسبتاً بی‌معنا است. محتوای آن بدون هیچ هدف خاصی برای توسعه معانی آموزش داده شده و معانی که آموخته می‌شوند به طور تصادفی و عمدتاً از طریق تلاش‌های خود یادگیرنده، ایجاد می‌شوند.

معانی محاسبات را تقریباً می‌توان در گروه‌هایی تقسیم کرد. من چهار گروه زیر را پیشنهاد می‌دهم:

1. گروهی شامل فهرست بزرگی از مفاهیم اساسی. برای مثال معانی کل اعداد، کسرهای مشترک، کسرهای اعشاری، درصد و به عقیده اکثر افراد، نسبت و تناسب، در اینجا قرار می‌گیرند. اعداد بر حسب واحدها نیز به این گروه تعلق دارند، که اختلاف نظر کمی درباره واحدهای خاصی وجود دارد که باید آموزش داده شوند. اصطلاح‌های فنی محاسبات شامل عامل جمع، مقسوم‌علیه، مخرج مشترک و غیره نیز در اینجا قرار دارند و باز هم، دیدگاه‌های متفاوتی درمورد اصطلاح‌های ضروری و غیرضروری وجود دارد.

2. گروه دوم معانی محاسبات شامل درک عملیات‌های اساسی است. کودکان باید بدانند چه زمانی جمع کنند، تفریق کنند، ضرب کنند و تقسیم کنند. آن‌ها باید این دانش را داشته باشند و همچنین باید بدانند که هنگام استفاده از عملیات خاصی، برای اعداد چه اتفاقی می‌افتد. اگر کتاب‌های درسی جدیدتر شواهد موثقی درمورد این نکته به دست آورند، روند به خوبی در جهت تدریس عملیات اساسی پیش رفته است. تغییرات اندک در کتاب‌های درسی اخیر، نسبت به تغییرهای بیست سال پیش، موثرتر بوده است.

3. سومین گروه معانی، از اصول، روابط و تعمیم‌های محاسباتی مهم‌تری تشکیل شده که موارد زیر از رایج‌ترین آن‌ها هستند: هنگامی که صفر به یک عدد اضافه شود، مقدار آن بدون تغییر باقی می‌ماند. حاصل دو عامل مطلق ، صرف نظر از اینکه کدام عامل به عنوان ضریب استفاده شود، ثابت باقی می‌ماند. صورت و مخرج کسر می‌توانند بدون تغییر مقدار کسر، به عدد ثابتی تقسیم شوند.

4. گروه چهارم معانی، مربوط به درک سیستم اعشاری و استفاده از آن در گویا کردن رویه‌های محاسباتی و الگوریتم‌های ما است. به نظر می‌رسد که گرایش رو به افزایشی برای توجه بیشتر به معانی اعداد بزرگ از نظر ارزش مکانی ارقام آن‌ها وجود دارد. به همین ترتیب، تمایل شدیدی به گویا کردن عملیات محاسباتی ساده‌تر مانند «حمل » در جمع کردن و «قرض گرفتن » در تفریق وجود دارد؛ اما تردیدهایی درمورد توسعه‌ی گویا کردن در ضرب و تقسیم با اعداد صحیح و کسری، وجود دارد.

اگر فکر کنیم که محاسبات معنادار، مانند بیست یا بیست و پنج سال گذشته موضوع جدید و بی اساسی است، اشتباه کرده‌ایم. سه سال پیش در کنفرانس محاسباتی در ایالتی در جنوب غربی شرکت کردم. من از بیشتر وقت خود برای نشان دادن چگونگی محسوس ساختن محاسبات از لحاظ ریاضی برای کودکان، استفاده کردم. در نتیجه این کنفرانس، یکی از اعضای سالخورده که مدیر یکی از مدارس ابتدایی بود، به من گفت که سی سال پیش مدیر سیستم به این دلیل از کار اخراج شد که به شدت از روش‌هایی که اکنون من توضیح دادم، حمایت می‌کرد.

اگر چیز خاصی درمورد علاقه فعلی ما به محاسبات معنادار وجود داشته باشد، اولاً آن است که این علاقه بیشتر از هر زمان دیگری عمومی است و دوم اینکه نه یک بخش، بلکه تمام محدوده محتوای محاسباتی را دربرمی‌گیرد. در زمان‌های گذشته و با شروع پستالوزی[1]، تلاش‌ها برای معنادار کردن محاسبات به طور عمده به سطوح ابتدایی محدود می‌شد. درست است که برخی از دانش‌آموزان و معلمان ریاضیات دبیرستان به دلیل اینکه به نظر می‌رسید محاسبات در سطوح بالاتر (برای مثال درصد) برای کودکان غیرقابل لمس بود، دچار مشکل می‌شدند اما کار کمی درمورد آن انجام دادند. بعضی از آن‌ها به طور عجیب و متناقضی، برای نگرانی درمورد بی‌معنی بودن محاسبات در سطوح بالاتر،

[1] Pestalozzi

مانند سطوح پایین‌تر، دلیل کمتری داشتند. در سال‌های اخیر این افراد درک بیشتری پیدا کرده و اکنون مشتاق هستند که تمام محاسبات را، از مهد کودک و کلاس اول تا سطوح متوسطه و کلاس هشتم یا نهم، به طور معناداری تدریس کنند.

افزایش علاقه به معنای محاسبات

فکر می‌کنم دلیل اصلی علاقه اساسی ما به معانی محاسبات، شکست خوردن برنامه‌های نسبتاً بی‌معنا است. برنامه‌های اخیر، صلاحیت محاسباتی لازم برای تنظیم هوشمندانه با فرهنگمان را ایجاد نکرده‌اند. شواهد این شکست از منابع مختلف جمع‌آوری شده‌است.

معلمان با سه نوع از این شواهد ضعف محاسبات تدریس شده در مدارس ابتدایی نوجوانان و افراد بیست تا سی ساله آشنا هستند: (1) شواهد حکایتی که نشان‌دهنده عدم شایستگی محاسباتی بزرگسالان در فعالیت‌های عملی آن‌ها است؛ (2) شواهد و مدارک آزمایشی از نیروهای مسلح را که به طور گسترده‌ای تبلیغ شدند، و (3) تجربه معلمان ریاضیات بالاتر از سطوح ابتدایی.

شواهد دیگری از پژوهش‌ها نیز نتایج مشابهی را نشان می‌دهند. مدت‌ها قبل از جنگ جهانی دوم، پژوهشگران در حوزه آموزش و پرورش کمبودهایی را در دستورالعمل محاسبات، نشان دادند. برای مثال مطالعه‌های خطا، روش‌های معیوبی را مشخص می‌کنند که فقط به عنوان نتایج کورکورانه‌ای برای کودکان، قابل توضیح هستند. داده‌های آزمایشی و مصاحبه‌ها نیز نشان‌دهنده‌ی عدم اطمینان و سردرگمی مشابهی بود. سایر پژوهش‌ها، از طریق هدف قرار دادن مشکلات آموزشی، نشان دادند که محاسبات معنادار در واقع سودمند هستند. برای نمونه، کودکان را در برابر اشتباه‌های پوچی که معمولاً تحت سایر برنامه‌های آموزشی ایجاد می‌شود، محافظت می‌کند.

با این حال، در صورتی که دلایل علاقه فعلی به محاسبات معنادار تنها در حوزه‌ی خودِ محاسبات مورد بررسی قرار گیرند، هیچ توضیحی نمی‌تواند برای آن کامل باشد. اما محاسبات تنها یکی از موضوعات برنامه درسی ابتدایی است. برای بیست سال گذشته و بیشتر، برنامه درسی ابتدایی موضوع بحث مداوم و جالب توجهی بوده است. محتوای آن با

توجه به اهداف آموزش ابتدایی مورد بازنگری قرار گرفته و روش‌های مورد استفاده در آموزش، مورد انتقاد قرار گرفته است. در میان این هیجان عمومی در مورد برنامه درسی، به سختی ممکن بود که محاسبات مورد توجه قرار نگیرد یا درحالی که دیدگاه‌ها درمورد برنامه درسی مدارس ابتدایی به طور کلی تحت سازماندهی مجدد شدیدی قرار گرفته، دیدگاه‌ها درمورد محاسبات و روش آموزشی بدون تغییر باقی بماند. تفکر ما درمورد برنامه درسی، به طور گریزناپذیری بر تفکر ما درمورد محاسبات تاثیر داشته و همانطور که انتظار می رفت، اصرار تازه بر یادگیری معنادار در سایر موضوعات، به طور طبیعی به یادگیری معنادار در محاسبات، منجر شد.

پرسنل مدرسه و تا حدی عموم مردم، در حال آگاه شدن نسبت به اشتباه بودن برخورد با محاسبات به عنوان موضوعی ابزاری هستند. طبقه‌بندی محاسبات به عنوان موضوعی ابزاری، مهارتی یا تمرینی، کاملاً اشتباه است. چنین توصیف‌هایی از ویژگی‌ها تقریباً مهارت‌های عادتی و حقایق جداگانه را به عنوان نتایج اصلی یادگیری تعیین می‌کنند، تمرین را به عنوان روش آموزش ذکر کرده و حفظ کردن از طریق تمرین‌های تکراری را به عنوان فرایند اصلی یا تنها فرایند یادگیری، تشویق می‌کنند. در چنین برنامه‌هایی، معانی محاسباتی انواع ذکر شده در بالا، جایگاه کمرنگی دارند یا اصلاً جایی ندارند. دانش‌آموزان در مدارس بدون این معانی برای گردآوری مهارت‌ها و ایده‌ها در سیستمی قابل فهم و یکپارچه، برای مدت زمان طولانی در مهارت‌های «تسلط» پیدا می‌کنند که آن‌ها را درک نمی‌کنند، تنها می‌توانند آن‌ها را در شرایطی استفاده کنند که با شرایط یادگیری همسو باشند و خیلی زود آن‌ها را فراموش می‌کنند.

مخالفت‌ها در آموزش محاسبات معنادار

منظور من این نیست که پیروزی کاملی درمورد محاسبات معنادار ایجاد شده‌است. هنوز هم مخالفت‌هایی وجود دارد، هرچند که به نظر می‌رسد گستردگی و شدت آن‌ها در حال کاهش است. افراد زیادی در سال‌های 1946 تا 1947 مایل نبودند به تندی درمورد محاسبات معنادار صحبت کنند. با این وجود، تردیدهای دائمی وجود دارد و ما به بهترین شکل آن‌ها را بررسی کردیم.

این تردیدها به عنوان سوال، به صورت زیر مطرح می‌شوند:

1. آیا معانی واقعاً در یادگیری محاسبات ضروری هستند؟

2. آیا یادگیری معانی مورد نظر، واقعاً برای کودکان دشوار نیست؟

3. آیا آموزش معانی وقت زیادی نمی‌گیرد که باعث می‌شود زمان لازم برای سایر جنبه‌های مهم‌تر موضوع وجود نداشته باشد؟

4. به فرض اینکه معانی آموزش داده شوند؛ آیا واقعاً عمل می‌کنند؟ آیا واقعاً مورد استفاده قرار می‌گیرند؟ آیا با تفکر موثر تداخل ایجاد نمی‌کنند؟

بگذارید با اولین سوال شروع کنیم. «آیا معانی برای یادگیری محاسبات ضروری هستند؟» اگر این سوال به عنوان این پرسش تعبیر کنیم که آیا ما باید فرایندها تنها به منظور محاسبه دقیق درک کنیم، پاسخ «خیر» است. به علاوه، این پاسخی است که معمولاً توسط افرادی داده می‌شود که اعتقاد کمی به محاسبات معنادار دارند. برای آن‌ها، هدف محاسبات، ایجاد عادت‌های محاسبات سریع و درست است. از نظر آن‌ها معانی برای این منظور هیچ کمکی نکرده و حتی ممکن است به آن آسیب بزند.

با این حال اگر محاسبات را به عنوان سیستم منطقی تفکر در نظر بگیریم، کمک معانی واضح است. چنین سیستمی به طور روشن به مفاهیم، اصول و بیان روابط بستگی دارد. با این حال در واقع، معانی صرف نظر از نوع محاسباتی که در ذهن دارید به یادگیری کمک می‌کند، حتی اگر هدف اصلی آن را توسعه مهارت در محاسبات در نظر بگیریم.

عادت‌های محاسباتی برای استفاده، ابتدا باید حفظ شوند. همانطور که قبلا ذکر شد، مهارت‌هایی که به صورت ماشینی و با کمترین معنی آموخته می‌شوند، به سرعت هم از بین می‌روند. برای حفظ آن‌ها، باید بدون وقفه آن‌ها را تمرین کنیم. با این حال، شرایط زندگی فرصت کمی برای تمرین مستمر فراهم می‌کند و هنگامی که تمرین مداوم در مدرسه وجود نداشته باشد، این مهارت‌ها آسیب می‌بینند. علاوه بر این، عادت‌های محاسباتی برای مورد استفاده قرار گرفتن باید با شرایط متنوعی سازگاری داشته باشند و مهارتهای ماشینی حتی زمانی که حفظ شوند، نمی‌توانند این ویژگی را داشته باشند. بنابراین، اگر معیار حفظ کردن یا ارزش عملکردی باشد، محاسبات بی‌معنا ادعای خودش یعنی اطمینان از صلاحیت در محاسبه را نیز برآورده نمی‌کند.

سوال بعدی به دشواری درک محاسبات معنادار مربوط می‌شود. مخالفان محاسبات معنادار با نشان دادن دشواری بیش از حد معانی، می‌خواهند این موضوع را به نوعی پوچی برسانند: «آیا واقعاً باید از یک کودک کلاس پنجمس انتظار داشته باشیم که تقسیم 458605 به 79، یا ضرب 3709 در 638 را استدلال کند؟»

البته پاسخ به هر دو سوال یکسان است: «خیر». منطق هر دو محاسبه ذکر شده برای بزرگسالان خبره نیز دشوار است، اما غیرممکن نیست. اما این دشواری بیشتر از قواعد ریاضی، در زبان مورد نیاز آن است، به طوری که استدلال کننده و شنونده هر دو ممکن است در کلمات گم شوند. هیچ مدافع محاسبات معناداری انتظار ندارد که کودکان کلاس پنجمی بتوانند نمونه‌هایی از این نوع را استدلال کنند، اما استدلال تقسیم 462 به 6 و ضرب 8 در 49 برای این کودکان، غیرممکن نیست. اگر کودکان بتوانند محاسبات را در این نمونه‌های ساده توضیح دهد، می‌توانند درک کنند که قواعد مشابهی درمورد فرایندهای پیچیده‌تر وجود دارد و این دانش، به آن‌ها اعتماد به نفس در یادگیری و احترام به آنچه می‌آموزند، می‌بخشد. این نگرش که برای طرفداران محاسبات معنادار ارزش زیادی دارد، ظاهراً برای منتقدان آن پیامد کمی است. مورد دوم در ارائه پرسشی با هدف نشان دادن ناامیدی از تدریس معانی، خطای استدلال غلط درمورد تفکر در شرایط مطلق است. این استدلال غلط، که پیش‌تر نیز ذکر شد، شامل این اعتقاد است که معانی، اگر آموزش داده شوند، باید به حد معینی برسد. در هیچ برنامه محاسبات معناداری که دیده‌ام، تلاش جدی برای توسعه استدلال در فرایندهای ضرب و تقسیم صرف نشده‌است.

سومین مخالفت با محاسبات معنادار، با این سوال بیان شده که «آیا زمان لازم برای تدریس معانی، بی جهت پرهزینه نیست؟ اگر زمان برای این منظور گرفته شود، سایر جنبه‌های موضوع قربانی نمی‌شود؟». در این واقعیت تردیدی وجود ندارد که برای تدریس معانی زمان لازم است. اما این که آیا این هزینه غیراقتصادی است یا نه، مسئله دیگری است.

طرفداران محاسبات معنادار با پژوهش‌های نسبتاً کم، اما با تجربه قابل ملاحظه‌ای برای حمایت از آن‌ها، متقاعد شده‌اند که آموزش این ادراک‌ها سودمند است. برای مثال آن‌ها تصدیق می‌کنند که آموزش ارزش مکانی، زمان‌بر است. اما استدلال می‌کنند که دستاوردهای کلی، به طور کامل زمان گرفته شده را جبران می‌کند. آن‌ها نشان

می‌دهند که تنها از طریق فهم ارزش مکانی می‌توان اعداد بزرگ‌تر را درک کرد. آن‌ها همچنین به این نکته اشاره می‌کنند که درک ارزش مکانی به کودکان کمک می‌کند تا بسیاری از رویه‌های محاسباتی (مانند «حمل» و «قرض گرفتن») را درک کنند. ارزش معانی، تجمعی است. اگر در تدریس کافی معانی، پیشرفت در ابتدا آهسته به نظر برسد، می‌تواند بعد از آن نه تنها سریع‌تر باشد، بلکه با اصول بهتر و پیشرفت کلی در موضوع، همراه باشد. در پایان، زمان صرف شده برای توسعه‌ی معانی، از دست نمی‌رود، بلکه ذخیره می‌شود.

آخرین مخالفت با محاسبات معنادار، درمورد روش‌هایی است که معانی در تفکر مقداری موثر، عمل می‌کنند. آیا معانی هنگامی که آموزش داده شوند، مورد استفاده هستند؟ آیا آن‌ها واقعا تفکر را تسهیل می‌کنند؟ آیا این امکان وجود ندارد که حتی مانع از آن نوع تفکری شوند که در شرایط محاسباتی به آن نیاز داریم؟

به نظر من تردید درمورد ارزش عملیاتی معانی محاسباتی، ریشه در اندیشه‌های غلط درمورد ماهیت تفکر هوشمندانه دارد. این استدلال‌های غلط، در نقدهای ارائه شده توسط کسانی خود را نشان می‌دهد که ارزش کمی برای معانی محاسباتی قائل هستند، به عبارت دیگر:

همه موضوع‌های مربوط به یکان و دهگان را همراه با «توضیح» به کودکان آموزش دهید. سپس، در مثال 47+36، کودکان می‌گویند: «هفت یکان و شش یکان، سیزده یکان می‌شود. 3 را برای در ستون یکان می‌نویسیم و یک دهگان از 13 را حمل می‌کنیم. ارقام دهگان را اضافه می‌کنیم: یک و چهار، پنج و پنج و سه، هشت می‌شود. 8 را در ستون دهگان می‌نویسیم.»

چرا کودکان باید همه این‌ها را بگویند؟ علاوه بر این، هنگامی که آن‌ها یاد بگیرند این‌ها را بگویند، آیا بعد از آن برای همیشه از این الگو استفاده نکرده و بدون آنکه نیاز باشد، روند فکری خود را نشان نمی‌دهند؟

دلیل خوبی برای این وجود دارد که کودکان در اولین تجربه‌های خود با چنین مواردی، شرح کاملی ارائه دهند. زیرا با انجام این کار، بینش خوبی درمورد منطق این روند کسب می‌کنند. با این حال هیچکس نمی‌خواهد که کودکان این توضیح طولانی را برای همیشه ادامه دهند و خطر کمی وجود دارد که این کار را بکنند. این ویژگی صرفه‌جویی تفکر برای حذف یا کوتاه کردن است. کلمه‌های غیرضروری بعد از رسیدن به اهدافشان، از بین می‌روند.

طرفداران محاسبات معنادار مانند منتقدان آن، به طور کامل از کودکان انتظار دارند که در نهایت به صورت ذهنی و مختصر نمونه‌های ذکر شوند را انجام دهند: هفت و شش، سیزده؛ نوشتن سه؛ حمل یک. یک، پنج و هشت؛ نوشتن 8. اما به کلمه «در نهایت» توجه داشته باشید. شکل کوتاه تفکر، به یکباره به دست نمی‌آید. بلکه مرحله به مرحله بوده و ابتدا با بیان و پردازش کامل، بدون از دست دادن ادراک آغاز شده و به الگوی مختصر نهایی ختم می‌شود.

علاوه بر این، طرفداران محاسبات معنادار و بی‌معنا، به طور یکسان، درک نسبتاً کاملی از اعداد و روند نشان داده شده در عبارت 3+9=12 دارند. این درک، حل صحیح و فوری عبارت 3+9 را مختل نکرده و پاسخ سریع است. برای چنین موارد محاسباتی، روند جریان کوتاه، به حد قابل قبول خود می‌رسد. دقیق‌ترین درون‌نگری هم قادر به آشکار کردن عملیات معانی نیست، بنابراین پاسخ سریع ایجاد می‌شود.

ارزش‌های محاسبات معنادار

مخالفت‌هایی که معمولاً درمورد محاسبات معناداری مطرح می‌شود، شرح داده شد. من سعی کردم به این مخالفت‌ها پاسخ دهم. در عین حال، از این مخالفت‌ها به عنوان فرصت‌های مناسبی برای بیان برخی از مزایای محاسبات معنادار استفاده کردم. اکنون اجازه دهید این مزایای گفته شده را گردآوری کرده و برخی موراد را به طور خلاصه به آن‌ها اضافه کنم.

از دیدگاه معلم، آموزش محاسبات معنادار جالب است. نیاز به توسعه ادراک‌ها بسیار تحریک‌کننده‌تر از گوش کردن به واقعیت‌های حفظ شده و تمرین‌های ماشینی است.

از دیدگاه دانش‌آموزان محاسبات معنادار:

1. حفظ کردن را تضمین می‌کند.
2. معانی را برای او فراهم می‌کند که مهارت‌های سریعی که به طور موقت ضعیف هستند را در او بالا می‌برند.
3. احتمال اینکه ایده‌ها و مهارت‌های محاسباتی مورد استفاده قرار گیرد را افزایش می‌دهد.
4. با ارائه پایه‌ای صحیح و درکی قابل انتقال، به سهولت یادگیری کمک می‌کند.

5. میزان تمرین تکراری لازم برای تکمیل یادگیری را کاهش می‌دهد.

6. او را از پاسخ‌هایی که از لحاظ ریاضی بی‌معنا هستند، حفظ می‌کند.

7. با حل مسئله به جای حفظ کردن و تمرین بدون تفکر، یادگیری را تشویق می‌کند.

8. تطبیق‌پذیری برای او فراهم می‌کند که امکان استفاده از روش‌های جایگزینی برای روش‌هایی را فراهم می‌کند که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما اکنون در دسترس نیستند.

9. او را نسبتاً مستقل می‌سازد تا با اطمینان با شرایط مقداری جدید روبرو شوند.

10. موضوع را به طریقی ارائه می‌دهد که قابل احترام باشد.

این ادعاها بلندپروازانه هستند و باید بپذیریم که همه آن‌ها حتی در بهترین برنامه‌های محاسباتی نیز به طور کامل به دست نمی‌آیند. اما چه شواهدی برای پشتیبانی از آن‌ها وجود دارد؟

آرزو داشتم که می‌توانستم حوزه‌ی وسیعی از پژوهش‌ها را در اینجا ذکر کنم، اما نمی‌توانم این کار را انجام دهم. احتمالاً از هزار و پانصد تا دو هزار گزارش منتشر شده از پژوهش‌ها، کمتر از 5 درصد آن‌ها به طور مستقیم و جدی با معانی سروکار دارند. حدود 10 درصد بقیه به طور غیرمستقیم با معانی ارتباط دارند یا معیارهای نسبتاً روشنی نسبت به ارزش‌ها یا توسعه معانی دارند.

من ارزش پژوهش‌های انجام شده را کم نمی‌کنم. درست است که برخی از مهم‌ترین و مرتبط‌ترین مطالعه‌ها موفق به ارائه‌ی یافته‌های صریحی به نفع محاسبات معنادار نشده‌اند. با این حال حتی اگر این مطالعه‌ها تنها اشکالات این نوع پژوهش‌ها را نیز نشان دهند، به هدف خود رسیده‌اند. پژوهش‌ها درمورد یادگیری معنادار بسیار دشوار است. روش‌های معمول و استاندارد کنترل و ارزیابی باید به طور قابل توجهی برای اهداف جدید اصلاح شوند. با این حال، ما در حال یادگیری نحوه برنامه‌ریزی و مدیریت پژوهش‌ها هستیم. در واقع هم‌اکنون چندین پژوهش گزارش شده، اعتبار قابل‌توجهی درمورد محاسبات معنادار نشان می‌دهند.

حتی بدون کمک از یافته‌های پژوهشی، می‌توانیم دلایل نسبتاً محکمی برای محاسبات معنادار و ادعاهای بیان شده، ذکر کنیم. در وهله اول، همانطور که چندین بار گفته شد، به تجربه بسیاری از معلمان، این محاسبات معنادار «کارآمد» بوده و نتایج ارزشمندی دارد.

در وهله‌ی دوم، شواهد منفی و قیاسی را داریم. برنامه‌های محاسباتی مدارس در زمان ما تا سال‌های اخیر، در ایجاد صلاحیت در محاسبات موفق نبوده‌اند. مهم‌ترین و قابل توجه‌ترین مولفه‌ی غایب در این آموزش، معنا بود. برای بهبود آموزش می‌توانیم یکی از دو مورد جایگزین را انتخاب کنیم: (1) می‌توانیم تلاش‌های خود را در ادامه‌ی مسیر قبلی، دوبرابر کنیم، یا (2) می‌توانیم روش خود را به محاسبات معنادار تغییر دهیم. ماهیت نتایج ناقص محاسبات بی‌معنا به گونه‌ای است که اطمینان بیشتری را برای انتخاب روش دوم، ایجاد می‌کند.

سوم اینکه ما حمایت صریح پژوهش‌های روانشناختی درمورد آموزش معنادار در مقایسه با آموزش بی‌معنا را در اختیار داریم. من اعتقاد دارم که روانشناسان تجربی بدون استثنا و صرف نظر از اینکه معیار، سهولت (سرعت) یادگیری، حفظ یا قابل انتقال بودن باشد، یافته‌هایی به نفع یادگیری معنادار ارائه می‌دهند. مک‌گئوخ[1]، در خلاصه پژوهشی خود از نتایج آزمایشی در یادگیری انسانی، می‌نویسد:

بر اساس داده‌های موجود احتمالاً همبستگی بسیار مثبت و در صورت ثابت بودن سایر شرایط، همبستگی کاملی بین معنا و میزان یادگیری وجود دارد.

هنگامی که معنای چیزی به راحتی برای یادگیرنده قابل دسترسی نیست، او می‌تواند با جست‌وجوی معانی، یعنی ایجاد ریتم و الگو، ایجاد دسته‌بندی‌های جدیدی از موارد، اشاره به روابط فضایی و سایر ابزار، میزان یادگیری خود را افزایش دهد. به طوری که می‌تواند مطالب را معنادارتر کرده و به این ترتیب آن را به راحتی با الگوهای پاسخ موجود، تطبیق دهد.

نتیجه‌گیری این است که در طیف وسیعی از شرایط، بین معناداری موارد و میزان یادگیری، همبستگی مثبتی وجود دارد.

[1] McGeoch

چهارم اینکه، به طور کلی نظریه محاسبات معنادار کاملاً با نظریه آموزشی غالب موافق است. هر دوی آن‌ها می‌خواهند که کودکان، ابتدا در کودکی و بعدها در بزرگسالی، زندگی بهتر، هوشمندانه‌تر، غنی‌تر و شادتری در فرهنگ خود داشته باشند. این فرهنگ، بسیار به موارد مقداری وابسته است و این موضوع به طور پیوسته، افزایش می‌یابد. بنابراین، نیاز به بهبود مهارت‌های مقداری، ضرورت بیشتری دارد؛ از این رو آموزش معانی محاسباتی، هرچه بیشتر ضروری به نظر می‌رسد.