



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

مدلسازی دانشجویی در آموزش جراحی ارتوپدی: بهره گیری از تعامل بین شبکه های بیزی زمانی¹ و

تحلیل تعلیمی ظریف²

چکیده. راه کارهای شناختی در سیستم های آموزشی هوشمند (ITS³) برای مدلسازی دانشجویی به کار گرفته شده اند. بسیاری از این سیستم ها مباحث پایه ای مانند ریاضیات، فیزیک و برنامه سازی کامپیوتری را به خدمت می گیرند. اما تغییر رفتار شناختی دانشجویان در طول زمان، مورد توجه قرار نگرفته و به طور سیستماتیک مدلسازی نشده است. علاوه بر این، طبیعت دانش محیطی⁴ در مباحث خاصی مانند جراحی ارتوپدی که در آن دانش عملگرایانه⁵ نقش عمده ای دارد، عمداً در نظر گرفته نشده است. به باور ما بعد زمانی در مدلسازی حالت دانش و رفتار شناختی دانشجو، به ویژه در چنین محیط هایی، بسیار حیاتی است. در این مقاله ما روشی برای مدلسازی دانشجو و تشخیص⁶ پیشنهاد می کنیم که بر پایه ی تعامل بین شبکه های بیزی زمانی و تحلیل تعلیمی ظریف استوار است. برای تشریح کاربرد روش، ما اجزای کلیدی متعدد یک محیط یادگیری هوشمند را برای آموزش مفهوم جایگذاری پیچ خاصه ای-خاجی⁷ در جراحی ارتوپدی بسط دادیم که برای این کار شش عمل جراحی را در یک بیمارستان فرانسوی فیلمبرداری و بررسی کردیم. یک استاندارد طلایی معتبرسازی اولیه⁸ نشان می دهد که جزء تشخیصی ما می تواند تشخیصی منسجم با زمان پاسخ گویی قابل قبول ایجاد کند.

کلیدواژه ها. مدلسازی دانشجویی، شبکه های بیزی زمانی، پشتیبانی هوشمند⁹، مهندسی تعلیمی¹⁰، آموزش

پزشکی، شبیه سازی های کامپیوتری.

مقدمه

¹ Temporal Bayesian Networks

² Fine-grained Didactic Analysis

³ Intelligent Tutoring Systems

⁴ Domain Knowledge

⁵ Pragmatic Knowledge

⁶ Diagnosis

⁷ Sacro-iliac screw fixation

⁸ Preliminary gold-standard validation

⁹ Intelligent support

¹⁰ Didactic engineering

مدلسازی دانش و مدلسازی دانشجویی

در سی سال گذشته نتایج پژوهش‌ها در علوم شناختی برای مدلسازی دانشجویی در حل مسأله مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌است، همان‌طور که با روش‌های شناختی متعددی اثبات شده‌است. بررسی‌های زیادی بر روی آموزش مباحث پایه‌ای مانند هندسه، جبر فیزیک و زبان برنامه‌سازی کامپیوتر صورت گرفته‌است. اما طبیعت دانش محیطی و پیچیدگی رفتار شناختی فراگیران به‌ویژه در مباحث خاص (مانند آموزش پزشکی) مورد بررسی دقیق قرار نگرفته‌است. نخست، نقش دانش ضمنی عملگرا¹ (حاصل از تجربه) هم برای آموزگار مجرب و هم برای دانشجوی تازه‌کار در یک فرایند حل مسأله بسیار حیاتی است. این دانش ضمنی در اصل عبارت است از «فوت‌وفن‌های عملی مربوط به کار که به طور غیر رسمی در حین تجربه‌ی ضمن کار به دست می‌آید؛ در مقابل آموزش رسمی». در حین مشاهده‌ی اقدامات پزشکی در یک بیمارستان فرانسوی، ما دریافتیم که هنگام مواجهه با یک مشکل خاص، آموزگار خیره و دانشجوی تازه‌کار، با استفاده از دانش عملگرا راه‌حلی نو برای مشکل پیش‌آمده پیدا می‌کنند که از پیش تعریف نشده‌است. دوم، رفتار شناختی دانشجویان که در این اقدامات مورد مشاهده‌ی ما قرار گرفتند پیچیده بود. یک فراگیرنده‌ی بامهارت، حتی یک کارشناس دامنه²، پیش از رسیدن به راه‌حل مطلوب تلاش‌های متعددی انجام می‌دهد: او ممکن است اشتباه کرده و بارها برای جبران آن تلاش کند. بنابراین از دیدگاه مشاهده‌کننده، باید توالی اعمال فراگیرنده را در نظر گرفت تا بتوان حالت و رفتار شناختی او را تشخیص داد.

تعدادی از پژوهشگران بحث کرده‌اند که بررسی سازگاری راه‌حل دانشجو با محدودیت‌های دامنه (مانند بررسی‌های سازگاری محلی) مهم‌تر از مقایسه‌ی راه‌حل دانشجو با راه‌حل اصولی کارشناس دامنه (دلیل مقدم) است. این عقیده به‌ویژه برای بنیان‌نهادن سیستم‌های آموزشی برای دامنه‌های خاصی که در پاراگراف پیشین مورد بحث قرار گرفت مفید است، چرا که در این دامنه‌ها ممکن است راه‌حل‌های زیادی برای یک مسأله‌ی به‌خصوص وجود داشته‌باشد که برخی از آنها استادانه توسط کارشناس دامنه به کار می‌روند. بنابراین، نخستین پرسش طرح‌شده در این مقاله درباره‌ی تحلیل و بهره‌برداری از انواع مختلف دانش محیطی، به‌ویژه دانش ضمنی عملگرا، برای ساختن یک مدل دامنه‌ی استوار است که مدلسازی و تشخیص دانشجویی بسیار حیاتی است. دانش ضمنی

¹ Tacit pragmatic knowledge

² Domain expert

عملگرا اغلب به روشنی در واحدهای تئوری و کتابهای مرجع شرح داده نشده است. برای پاسخ به پرسش نخست درباره‌ی تحلیل «تعلیمی» ظریف بحث خواهیم کرد. واژه‌ی تعلیمی (didactic) در واقع یک اصطلاح فرانسوی‌زبان است) به مفهوم بررسی آموزش و کسب دانش در دامنه‌ی مباحث گوناگون است. تعلیم و آموزش در نتیجه بر اساس نقش مرکزی محتوای دامنه‌ی مبحث و بعد معرفت‌شناختی آن (یعنی طبیعت دانشی که یاد داده می‌شود) از پرورش متفاوت است. تحلیل تعلیمی تا حدودی شبیه تحلیل کارکرد شناختی^۱ است. هر دو برای درک بهتر مبحثی که آموزش داده می‌شود تلاش می‌کنند تا موقعیت‌های آموزشی، بهتر برای دانشجویان ایجاد شود. تفاوت اصلی آنها پروتکل تحلیل است: تحلیل کارکرد شناختی معمولاً با مشاهده‌ی کارورزان پرمهارت و توضیح دقیق فعالیت‌هایی برای انجام کامل کارکرد پیچیده لازم است انجام می‌شود، در حالی که تحلیل تعلیمی معمولاً در حالت آموزشی دستورالعملی^۲ و کارآموزی انجام می‌شود که در آن یک فراگیرنده‌ی تازه‌کار برای حل یک مسأله با یک آموزگار خبره همکاری می‌کند. بر خلاف تحلیل کارکرد شناختی که در تلاش است تا فرایند حل مسأله‌ی کارشناسان دامنه را تا حد امکان کامل توضیح دهد و مفاهیم پرورشی را در این فرایند جستجو کند، تحلیل تعلیمی مستقیماً از طریق مشاهده‌ی محیط آموزشی دستورالعملی و کارآموزی انواع مختلف دانش مورد نیاز برای تدریس موفق را جستجو می‌کند. پس، تحلیل تعلیمی می‌تواند انواع به‌خصوصی از دانش مانند دانش محتوای پرورشی^۳ را نشان دهد که تحلیلی کارکرد شناختی نمی‌تواند نشان دهد، چرا که کارشناسان دامنه ممکن است این نوع دانش‌ها را در ذهن نداشته‌باشند یا آنها را به روشنی در محیط تحلیل کارکرد شناختی نشان ندهند. انواع خاصی از دانش مانند دانش محتوای پرورشی برای طراحی محیط یادگیری مفید هستند.

پرسش دوم درباره‌ی بهره‌گیری از تکنیک‌های مناسب در هوش مصنوعی^۴ برای مدلسازی و «تشخیص»^۵ دانش دانشجو یا حالت شناختی او در یک مقطع زمانی مشخص و رفتار شناختی او در طی زمان است. تشخیص نخستین بسیار مهم و در بسیاری از ITSهای معمول رایج است. ما اعتقاد داریم که تشخیص دوم درباره‌ی رفتار شناختی نیز بسیار مهم است؛ چرا که می‌توان به ایجاد بازخورد^۶ بهتر برای دانشجو کمک کند. یکی از راه‌های انجام چنین

¹ Cognitive task analysis

² Instructional

³ Pedagogical content knowledge

⁴ Artificial intelligence

⁵ Diagnose

⁶ Feedback

تشخیص‌هایی تحلیل برهم‌کنش‌های دانشجو با واسطه‌های سیستم یادگیری و مانند شبیه‌سازی کامپیوتری است. به هر حال اما تشخیص دانش و رفتار شناختی دانشجو آسان نیست، چرا که دانستن این که در حین یادگیری یک مفهوم یا حل یک مسأله توسط یک شخص در ذهن او دقیقاً چه می‌گذرد دشوار است. یک شبکه‌ی بیزی تکنیک مفیدی برای مدلسازی در شرایط نامطمئن (مثلاً درباره‌ی حالت شناختی دانشجو) است و بنا بر گفته‌ی Mayo و Mitrovic (2001) در بسیاری از کاربردها از جمله ITS‌ها به کار گرفته شده‌است. با در نظر گرفتن پیچیدگی رفتار شناختی فراگیرنده در طی زمان (مثلاً فرایند تصحیحی یک فراگیرنده در حالی که در حال پایه‌گذاری یک راه‌حل است) در دامنه‌های خاص، همان‌طور که ذکر شد، شبکه‌های بیزی زمانی (پویا¹) می‌توانند ابزار مؤثری باشند.

مشارکت

در این مقاله ما یک مدل دانشجوی بر پایه‌ی شبکه‌ی بیزی زمانی پیشنهاد می‌کنیم که در آن به اهمیت تشخیص روشن حالت دانش و رفتار شناختی دانشجو در طی زمان از طریق مدلسازی بعد زمانی تأکید می‌شود. این مهم است چرا که می‌تواند به ITS کمک کند تا بهتر «بفهمد» که دانشجو چگونه و چرا اشتباه می‌کند و بازخورد برای او فراهم کند. این مدل دانشجویی جدید با یک تحلیل تعلیمی ظریف تقویت شده‌است که به آن امکان ساخت یک مدل دانش دامنه‌ی نیرومند را می‌دهد. ما از هر دو مدل برای ساخت برخی اجزای کلیدی یک محیط یادگیری هوشمند برای حوزه‌ی مسأله‌ای که بعد از آن درباره‌ی جایگذاری پیچ‌خاصه‌ای-خاجی در جراحی ارتوپدی مطرح کردیم استفاده کردیم. طراحی محیط یادگیری بر پایه‌ی یک تئوری از وضعیت‌های تعلیمی ارائه شده توسط Brousseau (1997) بر اساس تحلیل مداوای جراحی استوار است.

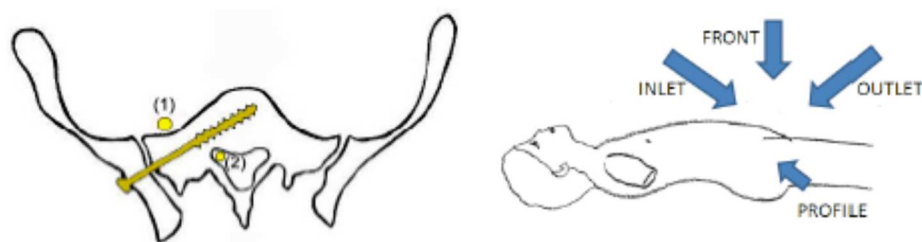
محیط مربوط به نمونه

پژوهش حاضر در محیط پروژه‌ی TELEOS² (محیط یادگیری تسهیل شده با فناوری برای جراحی ارتوپدی) انجام شد. تیم پژوهشی TELEOS شامل دانشمندان و مهندسان کامپیوتر، روانشناسان، آموزگاران و جراحان است. هدف این پروژه بهره‌گیری، تحلیل و مدلسازی انواع مختلف دانش در جراحی ارتوپدی، به‌ویژه دانش عملگرا،

¹ Dynamic

² Technology Enhanced Learning Environment for Orthopedic Surgery

برای طراحی و ساختن یک محیط یادگیری هوشمند بر پایه‌ی شبیه‌سازی برای فراگیران حرفه‌ای (یعنی رزیدنت‌های جراحی) است. انگیزه‌ی پروژه این بوده‌است که در روش سنتی با یک جراح باتجربه همکاری می‌کند تا شیوه‌های جراحی را بیاموزد و مواد این یادگیری بیماران و اجساد تشریح است. این روش مشکلاتی دارد که از این قرار است: نیازمند یک جراح برای هر دانشجو است، برای بیماران خطرناک است و جسد باید موجود باشد. نویسندگان متعددی ادعا کرده‌اند که کاربرد کامپیوتر در آموزش پزشکی می‌تواند راه‌حل این مشکلات باشد؛ اما به شرطی که اصول نهفته‌ی آموزشی حقیقی نیز در آن لحاظ شود. ما اعتقاد داریم که برای فراهم آوردن بازخورد بهتر برای فراگیرنده، ساختن یک مدل دانشجویی استوار بسیار مهم است که این دغدغه‌ی اصلی این مقاله است. نمونه‌ای از انگیزه‌های این پروژه جایگذاری زیرپوستی پیچ خاصه‌ای-خاجی است که به ترمیم آسیب‌های خلفی حلقه‌ی لگنی استخوان لگن خاصره کمک می‌کند (شکل 1). موضوع را می‌توان به این صورت خلاصه کرد. جراح ابتدا یک میله‌ی راهنما را از خلال پوست وارد استخوان می‌کند (زیرپوستی، یعنی بدون برش). او میله را در استخوان جلو برده و تعدادی عکس با اشعه‌ی X می‌گیرد (شکل 1) تا مسیر میله را در طول پیشرفت تأیید کند. چهار عکس رادیولوژی به او کمک می‌کند که دید کاملی از جایگاه میله در لگن خاصره به دست آورد. اگر در این عکس‌ها مشکلی مشاهده کند، این فرایند را از نو شروع کرده و میله‌ی دیگری را با اصلاح نقطه‌ی ورود و مسیر حرکت وارد می‌کند. در این مرحله (وارد کردن میله) جراح ممکن است بارها تلاش کند. وقتی این کار به طور رضایت‌بخش انجام شد، مرحله‌ی جایگذاری پیچ انجام می‌شود: یک پیچ در طول میله وارد می‌شود که فشردگی استخوان‌ها را اصلاح می‌کند و به ترمیم شکستگی کمک می‌کند. در انتها میله خارج شده و نقطه‌ی ورود آن بخیه زده می‌شود. خطر اصلی این روش احتمال خروج پیچ از استخوان و آسیب به اعصاب وجود دارد (نقاط 1 و 2 در شکل 1).



شکل 1. موقعیت پیچ خاصه‌ای-خاجی (چپ) و چهار اشعه ایکس مورد استفاده (راست)

در فرانسه، آموزش جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی معمولاً به صورت دو بخش تئوری (شامل کسب دانش تئوری از جمله تعریف مفاهیم) و بخش عملی (شامل کسب غیر رسمی دانش عملگرا با روند پرهزینه‌ی دستیاری یک‌به‌یک افراد خبره و کاربرد عملی مفاهیم در پرونده‌های بالینی) سازماندهی می‌شود. در آثار قبلی، ما اهمیت وجود یک پل ارتباطی بین این دو مرحله را نشان دادیم: به‌کارگیری یک محیط یادگیری هوشمند به عنوان یک مرحله‌ی واسطه یادگیری، که پیش از موقعیت حقیقی به فراگیرنده بعدی از دانش عملی می‌دهد.

ساختار مقاله

نخست، معماری محیط یادگیری خود و چارچوب تئوری پشت طراحی این محیط یادگیری را معرفی می‌کنیم. دوم، روش و نتیجه‌ی تحلیل تعلیمی خود را ارائه داده و مدل دانشجویی و جزء تشخیصی خود را نشان خواهیم داد. سوم، درباره‌ی کارهای مشابه و روش خود و نیز یک استاندارد طلایی معتبرسازی اولیه و تأیید کارمان بحث خواهیم کرد. در انتها، نتیجه‌گیری‌های خود و جهت‌گیری‌های نویدبخش برای پژوهش‌های آینده را ارائه خواهیم داد.

معماری سیستم

شکل 2 یک معماری بر پایه‌ی شبیه‌سازی از محیط یادگیری ما را نشان می‌دهد. ما از یک پلتفرم متن‌باز¹ چندعنصره² Java (JADE, 2006) برای پایه‌گذاری محیط یادگیری استفاده کردیم؛ این پلتفرم به ما اجازه داد که به آسانی اجزای مختلف نرم‌افزاری طراحی شده توسط اعضای مختلف تیم تحقیقاتی را با هم یکپارچه کنیم. عناصر اصلی به این شرح‌اند: عنصر ردیابی³ (بخش 1 شکل 2) که با یک شبیه‌سازی برای جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی و با اعمال و ردهای به‌جای گذاشته‌شده توسط دانشجو در حین کار با شبیه‌ساز، عنصر تشخیص⁴ (بخش 2 شکل 2) برای مدلسازی و تشخیص دانشجویی، عنصر تصمیم‌تعلیمی⁵ (بخش 4 شکل 2) که تصمیم می‌گیرد که چه بازخوردی باید به دانشجو بدهد (مطابق حالت دانش و رفتار شناختی فعلی او)، عنصر پرونده‌های بالینی⁶ (بخش 5 شکل 2) که به دانشجو کمک می‌کند پرونده‌های بالینی را بررسی کند، عنصر واحدهای آنلاین⁷ (بخش 6 در

¹ Open-source

² Multi-agent

³ Tracing

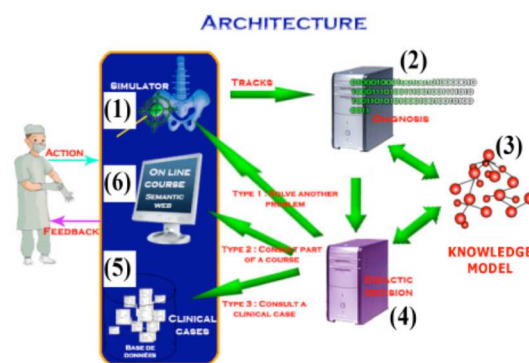
⁴ Diagnosis

⁵ Didactic decision

⁶ Clinical cases

⁷ Online courses

شکل 2) که فراگیرنده را، در صورت نیاز، به فصل(های) مقتضی از واحدهای تئوری هدایت کند. مدل دانش (بخش 3 شکل 2) یک جزء کلیدی برای کارکرد عنصر تشخیص و عنصر تصمیم‌گیری است. جزئیات این مدل را در بخش‌های مربوط به تحلیل تعلیمی و مدلسازی و تشخیص دانشجویی بحث خواهیم کرد. ما عنصرهای ردیابی، تشخیص، پرونده‌های بالینی و واحدهای آنلاین را بسط داده و به طور مجازی (یعنی بدون دانشجویان واقعی) مورد تأیید قرار دادیم. ما در حال توسعه‌ی عنصر باقیمانده یعنی تصمیم‌گیری تعلیمی بوده‌ایم و بعداً آن را در پلتفرم چندعنصره خواهیم گنجاند. گرچه در این مقاله ما روی مدلسازی دانشجو و دانش‌تمرکز کرده‌ایم، در پاراگراف‌های بعدی توضیح مختصری درباره‌ی همه‌ی عناصر اصلی خواهیم آورد تا خواننده درک بهتری از چگونگی کار عنصر تشخیص و اهمیت آن داشته‌باشد.



شکل 2. معماری کلی TELEOS

توسعه‌ی پروژه‌ی تحقیقاتی TELEOS بر پایه‌ی نتایج پروژه‌ی تحقیقاتی VOEU¹ (دانشگاه مجازی اروپا) استوار است. مورد اخیر ابزارهای متعددی برای کمک به یادگیری مهارت‌های بالینی برای متخصصان بالینی فراهم کرده‌است. این ابزارها شامل یک شبیه‌سازی سه‌بعدی تحت وب برای جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی، یک واحد تئوری آنلاین و یک بانک اطلاعاتی پرونده‌های بالینی هستند. یک همکاری مهم TELEOS با VOEU پژوهش درباره‌ی مدلسازی دانش دامنه و مدلسازی دانشجو برای طراحی و توسعه‌ی یک محیط یادگیری هوشمند بوده‌است. پلتفرم تحت وب فعلی به اندازه‌ی کافی قدرتمند نیست که تمام اجزای چنین محیطی را اجرا کند. از این رو ما یک برنامه‌ی کاربردی مستقل² بر پایه‌ی Java، البته به جز برای بخش واحد آنلاین، توسعه دادیم. همچنین لازم بود که یک جزء شبیه‌سازی جدید بسازیم چرا که نسخه‌ی قدیمی نمی‌توانست اعمال و ردهای

¹ Virtual Orthopedic European University

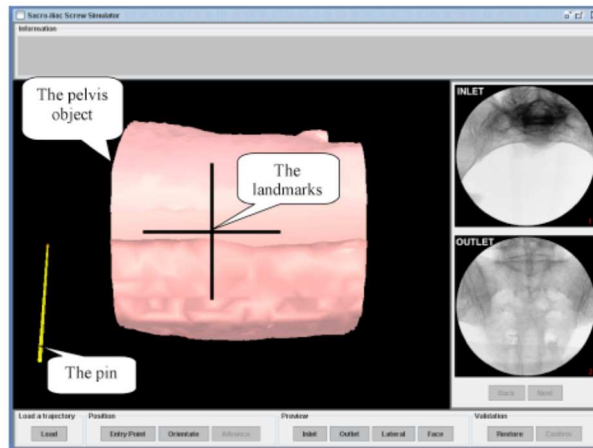
² Standalone application

به‌جامانده از فراگیرنده را خروجی دهد و برای عناصر نرم‌افزاری دیگر غیر ممکن بود که پارامترهای سیستم شبیه‌سازی قدیمی را تغییر دهند.

درباره‌ی آموزش و فراگیری جایگذاری پیچ‌خاصه‌ای-خارجی تحلیل اقدامات درمانی جراحی به ما امکان داد که دریابیم تعیین‌کننده‌ترین مرحله وارد کردن میله است. در طول این مرحله است که بیشترین دانش‌های لازم به کار می‌روند: آناتومی، خواندن تصاویر اشعه‌ی X، تفسیر تصاویر، تصور ذهنی استخوان لگن، دانستن مسیر میله و... بگذارید فرض کنیم که یک دانشجوی جراحی ارتوپدی که با مفاهیم تئوری جایگذاری پیچ‌خاصه‌ای-خارجی آشنا است، از محیط یادگیری هوشمند برای کسب توانایی حل وضعیت‌های مختلف جایگذاری پیچ‌خاصه‌ای-خارجی استفاده می‌کند. او یک از این مشکلات را در شبیه‌سازی جدید بر پایه‌ی Java ارائه کرده‌است (شکل 3). در این شبیه‌سازی، نمایش‌های سه‌بعدی از استخوان لگن و تصاویر اشعه‌ی X از اسکن استخوان بیماران واقعی حاصل شده‌است. نمایش سه‌بعدی لگن (قابل مشاهده در شکل 3) مانند شرایط واقعی دارای پوست است تا دانشجوی نتواند ساختار داخلی لگن را ببیند. نشانه‌هایی¹ (شکل 3) وجود دارند که به دانشجوی کمک کنند بخش‌های مهم لگن را بشناسد. فراگیرنده باید یک میله را جایگذاری و به داخل لگن شبیه‌سازی شده هدایت کند. اعمال او شامل جایگذاری میله، جهت‌دهی به آن، به پیش بردن آن، برداشتن میله و تغییر جهت‌گیری و یا نقطه‌ی ورود آن است. در هر زمانی فراگیرنده می‌تواند درخواست کنترل با اشعه‌ی X بکند و چهار جهت موجود (ورودی، خروجی، جانبی و روبرو²، شکل 1) مانند موقعیت واقعی برای او فراهم شود. پس از آن که فراگیرنده راه‌حل خود را تأیید کرد (با کلیک روی «Confirm» در پایین سمت راست شکل 3)، جزء شبیه‌سازی، مانند هر سیستم شبیه‌سازی کامپیوتری دیگری، اطلاعات بازخوردی مختلفی مانند تعداد تلاش‌ها، تعداد خارج‌شدن‌ها از استخوان (خروج از استخوان و خطر آسیب به اعصاب) و تعداد تصاویر اشعه‌ی X گرفته‌شده برای کاربر فراهم می‌کند. یک گزینه‌ی «Transparency» که می‌تواند پوست روی لگن شبیه‌سازی شده را محو کند نیز برای فراگیرنده فراهم است تا بتواند مسیر نهایی میله را ببیند.

¹ Landmark

² Inlet, outlet, lateral & face



شکل 3. یک رابط شبیه‌سازی جاوا سه بعدی برای تثبیت پیچ خاصه‌ای - خاجی

به‌علاوه، در صورت نیاز، سیستم می‌تواند برای بالا بردن میزان یادگیری دانشجو از یک تا چند پیشنهاد به او ارائه کند. پیشنهاد می‌تواند شامل: 1- حل یک مسأله‌ی جدید، 2- صفحات وب شامل واحدهای تئوری و 3- پرونده‌های بالینی برای مطالعه باشد. برای این که سیستم بتواند پیشنهادهای مناسبی به دانشجو بدهد، نخست عنصر ردیابی رد هر عملی را که دانشجو در هر جایی انجام داده‌است دنبال می‌کند. این ردها شامل عمل فعلی دانشجو (مانند پیش بردن میله) و موقعیت فعلی میله نسبت به نقاط، خطوط و مناطق حساس استخوان لگن (نقاط 1 و 2 در شکل 1 را ببینید)، در چهار جهت‌گیری موجود (مانند فاصله‌ی بین میله و کورتکس پیشین بخش جانبی استخوان خاجی در نمای ورودی) می‌باشد. عنصر ردیابی با آنالیز عکس‌های اشعه‌ی X این فواصل را تخمین می‌زند. سپس، با آماده شدن ردهای دانشجو، عنصر ردیابی آنها را به عنصر تشخیص می‌فرستد که با استفاده از مدل دانش دامنه آنها را تحلیل و مدل دانشجو را به‌روز می‌کند (بخش 3 شکل 2 را ببینید). مدل دانشجو، مدل دانش دامنه و عنصر تشخیص دغدغه‌های اصلی این مقاله بوده و در بخش‌های آینده با جزئیات مورد بحث قرار خواهند گرفت. در آخر، عنصر تشخیص، حالت فعلی مدل دانشجو را به عنصر تصمیم‌تعلیمی می‌فرستد. عنصر تصمیم‌تعلیمی (برای جزئیات بیشتر Mufti-Alchawafa & Luengo, 2009; Luengo, Vadcard, Mufti-Alchawafa, & Chieu, 2007 را ببینید) با استفاده از مدل دانش دامنه مدل به‌روزشده‌ی دانشجو را تحلیل می‌کند تا تصمیم بگیرد چه نوع بازخوردی و با چه محتوایی باید برای هر دانشجو فراهم کند. به‌طور ویژه‌تر، عنصر تصمیم‌تعلیمی اگر دریابد که دانشجو نیاز دارد مقداری دانش عملی به دست آورد، حل مسأله‌ی دیگری را از او می‌خواهد. در این حالت مسأله در محیط جزء شبیه‌سازی به دانشجو ارائه می‌شود. به‌علاوه ممکن است از دانشجو

خواسته‌شود که پرونده یا پرونده‌های بالینی شامل پیامد میله‌گذاری‌های مشابه مسیر میله‌گذاری فعلی خودش را بررسی کند. اگر این عنصر دریابد که لازم است دانشجو مباحث تئوری را هم بیاموزد، از او می‌خواهد که برخی مفاهیم تئوری را در واحد آنلاین مرور کند. ما از تکنیک‌های وب-معنایی^۱ استفاده کردیم تا واحد آنلاین VOEU را توسعه دهیم و بنابراین سیستم ما می‌تواند فراگیرنده را دقیقاً به سمت بخش‌های مربوطه در واحد آنلاین هدایت کند (برای جزئیات بیشتر Chieu, Luengo, Vadcard, & Mufti-Alchawafa, 2007 and Luengo & Vadcard, 2005 را ببینید). گرچه همیشه بعد از این که دانشجو راه‌حل خود را تأیید کرد، بازخورد به او ارائه می‌شود، در برخی موارد خاص (مثلاً اگر عنصر تشخیص کمبود جدی دانش تئوری را در دانشجو حس کند) عنصر تصمیم‌گیری ممکن است بلافاصله او را تشویق به سر زدن به واحد آنلاین و خواندن صفحات وب مربوط به خطای انجام‌شده بکند.

چارچوب تئوری

چارچوب تئوری پژوهش ما عمدتاً بر اساس یک تئوری موقعیت‌ها تعلیمی در ریاضیات استوار است. تعدادی از پژوهش‌ها در آموزش ریاضیات بر اساس تئوری Brousseau بوده‌اند. برای نمونه Perrin- و Hersant و Glorian (2005) وضعیت تعلیمی‌ای که آموزگار برمی‌گزیند چگونگی مدیریت تعاملات و کار دانش‌آموزان در کلاس و خانه بررسی کردند تا ویژگی‌های یک شیوه‌ی تدریس ریاضیات در دبیرستان را تعیین کنند. Margolinas و همکارانش (2005) مدلی برای بررسی چگونگی کسب دانش تعلیمی توسط معلمان در حال خدمت با مشاهده و بازخورد فعالیت ریاضی دانش‌آموزان در کلاس ساختند. گرچه کارهای Brousseau درباره‌ی آموزش ریاضیات است، ما برخی ایده‌ها و اصول را به عنوان رهنمود برای طراحی محیط یادگیری خود نگاه داشتیم.

ادراک^۲، ادراک نادرست^۳، دانستن^۴، پیرامون^۵ و حل مسأله

Brousseau (1997) اصطلاح «پیرامون» را به عنوان یک عنصر مهم برای یک تئوری آموزشی به کار برد. پیرامون اشاره دارد به مشارکت سیستم با دانشجو در یک وضعیت فراگیری. پیرامون هدف ویژه‌ی هم‌اعمال دانشجو

¹ Semantic-web techniques

² Conception

³ Misconception

⁴ Knowing

⁵ Milieu

و هم منبع بازخورد آن اعمال است. محیط یادگیری‌ای که بیشتر توضیح داده‌شد امکان تعامل دانشجو با سیستم شبیه‌سازی را فراهم می‌آورد که به نوبه‌ی خود برای او بازخورد ایجاد کرده و اعمال آینده او را پیشنهاد می‌کند. نکته‌ای که اینجا داریم این است که این بازخورد «محاسبه» شده و همان‌طور که نشان خواهیم‌داد به شکلی سازگار با اصول تئوری Brousseau به دانشجو ارائه می‌شود.

کار Brousseau بر پایه‌ی دورنمای یادگیری به عنوان سازگاری استوار بود که از معرفت‌شناسی پیازه منشأگرفته و بیان می‌کند که انسان‌ها با سازگار کردن ساختار شناختی موجود خود با بازخوردهای فراهم‌شده از اعمال‌شان توسط محیطی که با آن مواجه‌اند یاد می‌گیرند. به طور ویژه، یک فرض بنیادی تئوری این است که «خطاها تنها در اثر نادانی، عدم اطمینان یا شانس نیستند - آن‌طور که تئوری‌های یادگیری تجربه‌گرایان¹ و رفتارگرایان² باور دارند - بلکه اثر دانش پیشینی هستند که جالب و موفق بوده‌است اما اکنون نادرست به نظر می‌رسد یا به سادگی ناسازگار است.» به عبارت دیگر این فرض را در نظر می‌گیریم که یک «ادراک نادرست» از نقطه‌نظر یادگیری جالب توجه است اگر ویژگی‌های یک «دانایی» را داشته‌باشد: یک دامنه‌ی صحت داشته‌باشد. پس تفاوت کلیدی بین یک ادراک نادرست و یک دانایی این است که برای اولی یک تکذیب وجود دارد که حداقل برای یک مشاهده‌کننده آشکار است. برای مثال در مسأله‌ی جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی پس از دریافتن این که میله در نمای ورودی به یک بخش آناتومیک دقیق استخوان لگن بیش از حد نزدیک است، یعنی این که میله در نمای ورودی «بیش از حد پایین» است، جراح تازه‌کار ممکن است تصمیم بگیرد که آن را بیرون آورده و نقطه‌ی ورودی را بالاتر ببرد که با توجه به جهت‌گیری این تصویر اشعه‌ی X تصمیم نادرستی است. دانایی دانشجو که پشت این تصمیم است، ممکن است ناشی از درک کامل او از نمایش‌های کلاسیک باشد که در آنها جهت‌ها حفظ‌شده هستند، اما وقتی این دانایی در وضعیت مزبور به کار گرفته می‌شود در دامنه‌ی فعلی نامعتبر بوده و منجر به خطا می‌شود.

تئوری Brousseau (1997) بیان می‌کند که برخی از این دانایی‌هایی که احتمالاً می‌توانند نادرست از آب درآیند برای فرایند یادگیری لازم‌اند: سیر یادگیری دانشجو ممکن است لازم باشد که از ایجاد (موقتی) دانایی‌های

¹ Empirists

² Behaviorists

اشتباه‌برانگیز عبور کند چرا که آگاهی از دلایل این که چرا یک دانایی اشتباه‌برانگیز است، برای ایجاد و درک یک دانایی جدید لازم است - این یک نکته‌ی کلیدی درباره‌ی سازگاری در یادگیری است. به عبارت دیگر یک دانایی نخست حاصل سازگاری یک فراگیرنده با «پیرامون»ش است. در نتیجه‌ی این سازگاری هر دانایی‌ای ویژگی موقتی بودن را دارد یا این که هر دانایی‌ای می‌تواند اصلاح شود و دامنه‌ی اعتبار آن می‌تواند در نتیجه‌ی برخی اختلالات تغییر کند. اصطلاح دانایی و اصطلاح باور که توسط Paiva و Self (1995) برای مدلسازی دانشجویی معرفی شده‌اند همین باور اساسی را درباره‌ی سازگاری دارا هستند. تنها نشانه‌ای که بیان می‌کند که آیا درک دانشجو در یک وضعیت خاص اشتباه‌برانگیز است یا نه رفتار دانشجو و خروجی او است که نتیجه‌ی دانایی‌ای هستند که او بنیان نهاده‌است. به همین دلیل است که عنصر ردیابی در محیط یادگیری ما طوری ساخته شده‌است که اعمال دانشجو (مانند پیش بردن میله، برداشتن آن و تغییر نقطه‌ی ورودی) و خروجی‌های او (یعنی جایگاه مسیر میله) را ثبت کند که این به عنصر تشخیص اجازه می‌دهد که با استفاده از مدل دانش دامنه، دانایی‌های فراگیرنده را استنباط کند. تحلیل تعلیمی ظریفی اقدامات درمانی جراحی که در بخش بعد توضیح داده می‌شود، می‌تواند برای درک آن دانایی‌ها و کاربرد آنها در وضعیت‌های مختلف به کامل‌ترین شکل و در نتیجه امکان ساخت یک مدل دانش دامنه‌ی استوار بسیار مهم باشد.

برهم‌کنش بین سوژه و پیرامون و نیز رابطه‌ی بین رفتار فراگیرنده و دانایی او پیچیده هستند. مثلاً، در موارد بررسی‌شده‌ی ما، جراحان اغلب پیش از دستیابی به راه‌حل درست تلاش‌های متعددی (مسیر اشتباه، برداشتن میله، تغییر نقطه‌ی ورودی و یا مسیر میله به مسیر درست) انجام می‌دهد. نکته اینجاست که گاهی ممکن است آنها به خاطر طبیعت این عمل مسیر اشتباهی برگزینند (مثلاً این که وارد کردن میله در مسیر درست تنها با یک تلاش و تنها با کمک اشعه‌ی X دشوار است، حتی برای کارشناسان دامنه) نه به خاطر ادراک نادرست‌شان. بنابراین بررسی این برهم‌کنش‌ها و روابط به صورت یک توالی از اعمال یا رویدادها و نه به صورت تک‌تک می‌تواند بسیار حیاتی باشد. به عبارت دیگر، در نظر گرفتن «بعد زمانی» در مدلسازی دانشجویی نکته‌ای کلیدی در ساخت عنصر تشخیص مزبور است. برای نمونه، در وضعیت قبلی درباره‌ی جایگذاری پیچ خاصره‌ای-خاجی اگر رفتار و خروجی دانشجو در نقاط مختلف زمانی با هم و به طور سیستماتیک بررسی شود، دانایی‌های او را بهتر می‌توان درک کرد

تا حالتی که این رفتارها و خروجی‌ها تک‌تک بررسی شوند. مثال‌ها و جزئیات بیشتری در بخش‌های مربوط به مدلسازی دانشجویی و تشخیص آورده شده‌است تا اهمیت این بعد زمانی بهتر مشخص شود.

به طور خلاصه، در تئوری Brousseau محیط پیرامون کارآموزی باید طوری سازماندهی شود که با تولید بازخورد مناسب نسبت به اعمال و خروجی‌های دانشجو، یادگیری فعال را دربرداشته‌باشد. ما باور داریم که سیستم می‌تواند بازخورد مناسب برای کارآموزی ایجاد کند اگر بر اساس یک سیستم داخلی تعیین اعتبار فرایند حل مسأله‌ی دانشجو واکنش نشان دهد که عبارت است از بررسی سازگاری اعمال و خروجی‌های فراگیرنده. منظور ما از بازخورد مناسب تنها تعدادی فرصت (یعنی واحدهای تئوری آنلاین، بانک اطلاعاتی پرونده‌های بالینی و مجموعه‌ای از مسائل) برای یادگیری دانشجو نیست بلکه تکافوی محتوای بازخورد برای دانشجو هم مد نظر است؛ برای نمونه بر طبق حالت دانایی و رفتار شناختی فعلی دانشجو کدام مسأله یا کدام بخش از واحد آنلاین برای کمک به دانشجو برای سازگاری بهینه با پیرامون‌اش (سیستم شبیه‌سازی) مناسب‌تر است. بنابراین مدلسازی دانشجو و مدلسازی تشخیص و دانش دامنه جزو مهم‌ترین دغدغه‌ها در طراحی و توسعه‌ی محیط یادگیری هوشمند ما هستند.

چارچوب مدلسازی دانش دامنه

برای تحلیل تعلیمی و نمایش دانش دامنه ما مدل $cK\phi$ ¹ (ادراک، دانش و مفهوم) را به کار گرفتیم که یک چارچوب محاسباتی برای پژوهش تعلیمی فراهم می‌کند. این مدل تحلیل دانش دامنه‌ای را که در سیستم یادگیری ما به کار گرفته می‌شود تسهیل می‌کند (بخش 3 شکل 2 را ببینید).

جنبه‌ای از $cK\phi$ که به کار ما مربوط می‌شود، نهادینه‌سازی² یک «ادراک» است که تخصیص دادن یک دانایی نسبت داده شده توسط یک موضوع به یک وضعیت می‌باشد. این مدل یک ادراک را با استفاده از این چهارگانه نهادینه می‌کند: مجموعه‌ای از مسائل (P)، مجموعه‌ای از عملگرها (R) که در حل مسائل P دخیل‌اند، یک سیستم نمایش (L) که نمایش P و R را ممکن می‌سازد و یک ساختار کنترل (Σ). سه جزء نخست مختصات کلیدی معرفی شده توسط Vergnaud (1991 ص 145) برای تعیین ویژگی‌های یک مفهوم هستند. جزء چهارم توسط

¹ Conception, knowledge & concept

² Formalization

Margolinas و Balacheff (2005) معرفی شد: عناصر Σ امکان تصمیم این را که یک عمل مناسب است یا نه و این را که یک مسأله یا زیر-مسأله حل شده است یا نه می‌دهد. نقش مهم عناصر کنترل در حل مسأله خاطر نشان شده است (مثلاً Schoenfeld, 1985).

نهادینه‌سازی یک ادراک توسط چهارگانه‌ی مزبور امکان تعیین ویژگی‌های سیستم سوژه-پیرامون را فراهم می‌کند: سیستم نمایش امکان فرمولیزه کردن و کاربرد عملگرها را به وسیله‌ی صادرکننده‌ی فعال (سوژه) و همچنین دریافت کننده‌ی انفعالی (پیرامون) فراهم می‌کند. ساختار کنترل امکان بیان ابزارهایی را که سوژه برای تأیید کفایت و اعتبار یک عمل و نیز معیار پیرامون برای انتخاب بازخورد به کار می‌برد فراهم می‌آورد.

تحلیل تعلیمی

بنا بر مدل $cK\phi$ که پیشتر ارائه شد، هدف تحلیل تعلیمی تعیین ویژگی‌های چهارگانه (P, R, L, Σ) و روابط بین اجزای آن در یک سطح عملیاتی است تا بتوان یک مدل دانش دامنه‌ی استوار ساخت. یک متخصص علم تعلیمی و یک متخصص جراحی، هر دو در تیم TELEOS، با تشریح مساعی روی انجام و تأیید اعتبار این تحلیل تعلیمی کار می‌کرده‌اند.

همان‌طور که پیشتر توضیح داده شد، آموزش جراحی شامل دو دره‌ی اصلی است: دوره‌ی یادگیری اولیه که در طی آن دانش تئوری کسب می‌شود و دوره‌ی یادگیری حرفه‌ای که در طی آن تجربه‌ی وضعیت‌های واقعی به طور پیشرونده کسب شده و دانش به طور پیشرونده به صورت عملی درمی‌آید. تخصص، که عبارت است از تدبیر مؤثر وضعیت‌های مختلف، به یک شکل تقریباً تلویحی به افراد تازه‌کار انتقال می‌یابد. برای ساختن یک مدل دانش دامنه‌ی استوار مهم است که برخی از عناصر این تخصص روشن شوند. گرچه توضیح کامل فرایند فعلی جایگذاری پیچ‌خاصه‌ای-خاجی برای یک جراح متخصص آسان نیست. برای نمونه، برای تأیید یک راه‌حل برای یک مورد خاص (مانند بیماری با استخوان بسیار محکم)، جراح متخصص گهگاه از دانش عملگرایی استفاده می‌کند که در هیچ مقاله‌ی پژوهشی یا واحد درسی تئوری‌ای شرح داده نشده است. این توضیح یک آموزگار متخصص به یک دانشجوی تازه‌کار درباره‌ی یکی از تصاویر اشعه‌ی X است که در میانه‌های مسیر فرایند حل مسأله داده شده است: [امیله] کمی جابجا است... می‌بینی، کمی جابجا است، می‌توانست بسیار بیشتر باشد، اما نقطه‌ی ورودی خوب است، آن را تغییر نمی‌دهیم، ولی از خط وسط عبور نمی‌کنیم، از این گذشته بیمار استخوان بسیار سختی

دارد، پس لازم نیست که بندکشی خیلی مهارشده‌ای انجام دهی. (قسمت‌های با فونت تیره مورد تأکید تحلیل‌گر تعلیمی بوده‌است)

قسمت با فونت تیره در جملات بالا بخشی از تخصص حرفه‌ای جراح را نشان می‌دهد که به او اجازه می‌دهد که جایگاه میله را که باید طبق عبارت «کمی جابجا» نادرست تلقی می‌شد، تأیید کند. یک از اهداف سیستم یادگیری ما کمک به دانشجو برای به دست آوردن این نوع از دانش عملی بود.

چنین گفتگوهایی در محیط کارآموزی بین فراگیرنده و آموزگار خبره رایج است ولی در متن تحلیل کارکرد شناختی خیر. به همین دلیل است که تحلیل تعلیمی در مدلسازی دانش دامنه‌های به‌خصوص مانند جایگذاری پیچ خاصره‌ای-خاجی اهمیت ویژه‌ای دارد. در مباحث بعدی روش خود را در تحلیل تعلیمی شرح خواهیم داد: سپس نتایج فرایند تحلیلی خود را ارائه خواهیم کرد.

روش

این روش اصولاً بر پایه‌ی روش ارائه‌شده توسط Pastré (1997) برای تحلیل تعلیمی در آموزش حرفه‌ای قرار دارد. بر اساس روش Pastré فرایند تحلیل تعلیمی از دو مرحله‌ی پی‌درپی تشکیل شده‌است: مرحله‌ی آماده‌سازی و مرحله‌ی مشاهده و مصاحبه. هدف مرحله‌ی آماده‌سازی کمک به تحلیل‌گر برای کسب دانش زمینه‌ای از دامنه‌ی سوژه برای آماده شدن به بهترین شکل برای مرحله‌ی مشاهده و مصاحبه است که به او کمک می‌کند دانش دامنه‌ی سوژه را به خوبی کسب کند. هر دو مرحله در متن وضعیت‌های آموزشی دستورالعملی اجرا می‌شود تا بهتر دریابد که دانش دامنه‌ی سوژه چگونه کسب و تدریس می‌شود.

در مرحله‌ی آماده‌سازی تحلیل‌گر تعلیمی TELEOS نخست یک واحد تئوری ارائه‌شده توسط یک آموزگار-جراح خبره و تعداد مشخصی از منابع خارجی درباره‌ی دامنه‌ی سوژه را بررسی کرد. این بررسی به او کمک کرد که مبانی دانش دامنه‌ی فرایندی و اخباری را کسب کند: بخش‌های مختلف آناتومیکی لگن و رابطه‌ی آنها، بیماری‌های احتمالی مختلف لگن و راه‌های درمانی آنها و مراحل اصلی مداخلات جراحی لازم. سپس ما تعدادی عمل جراحی را مشاهده و از آنها فیلمبرداری کردیم. هر عمل هم توسط یک خبره و هم توسط یک رزیدنت جراحی انجام شد. در نتیجه مشاهده‌ی عمل‌ها هم عناصر تخصص و هم انتقال آن را به دست داد. این بررسی به تحلیل‌گر اجازه داد تا به مفاهیم تئوری فراتر بنگرد، مسیر اعمال جراحی را مشاهده کند (مواردی از آنها ممکن است در

واحدهای تئوری ذکر نشود) و دشواری و اهمیت برخی کارکردهای ویژه را از نزدیک ببیند. برای نمونه، فرایند ترجمه‌ی اطلاعات حاصل از اشعه‌ی X به اعمالی که روی بیمار انجام می‌شود را به عنوان یک کارکرد مهم دریافت. این نیازمند یک فرایند شناختی پیچیده است: سرهم کردن نماهای مختلف برای ساختن یک نمایش سه‌بعدی ذهنی از استخوان که رابطه‌ی بین تصاویر اشعه‌ی X و جایگاه استخوان لگن را مشخص می‌کند (شکل 4).



شکل 4. نمایی از یک حلقه (دو خط سیاه و یک نقطه سیاه) و جهت اشعه ایکس (فلش سیاه)

در مرحله‌ی مشاهده و مصاحبه، تحلیل‌گر در طی یک عمل واقعی جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی، یک آنالیز شناختی روی فراگیرنده‌ی تازه‌کار و آموزگار خبره انجام داد. در فرایند مشاهده، برای جمع‌آوری بیشترین حجم داده‌ی ممکن، یک پروتکل مشاهده‌ی تقویت‌شده به کار رفت: یک دوربین برای فیلمبرداری، یک میکروفون برای ضبط صدا و یک مانیتور برای جمع‌آوری عکس‌های اشعه‌ی X. پس از جمع‌آوری و بررسی مجموعه‌ی داده‌ها، بر اساس یک تکنیک بیانی پی‌درپی، با دانشجو و استاد مصاحبه شد. پرسش‌های مصاحبه بیشتر برای روشن کردن این بود که اعمال مختلف در طی فرایند حل مسأله چرا و چگونه تأیید و انجام می‌شوند. این نوع مصاحبه به جمع‌آوری حجم زیادی اطلاعات از دانش عملی ضمنی به‌کاررفته استاد و شاگرد کمک می‌کند. نمونه‌هایی از پرسش‌ها به این شرح است: چرا این کار را انجام دادید؟ چگونه در این جراحی موفق شدید؟ در این تصویر رادیولوژی چه چیز را بررسی کردید؟ چه سرنخ‌هایی باعث تأیید (رد) این تصویر شد؟ تحلیل‌گر شش عمل جراحی را مشاهده و فیلمبرداری نموده و دو تا از آنها را در بیان شفاهی پی‌درپی به کار برد تا تحلیل را عمیق‌تر سازد. هر عنصر دانشی که در مدل دانش دامنه وارد شد، با کمک این فرایند، با دقت با دامنه‌ی اعتبارش همراه شده بود (این که این دانش در چه جایی معتبر و در کجا نامعتبر است و چرا).

نتایج اصلی

در اینجا نتایج تحلیل تعلیمی را ارائه می‌کنیم: چهارگانه‌ای (مسائل، عملگرها، کنترل و سیستم نمایش) که

بیشتر شرح داده‌شد.

مسائل (P)

در فرایند تحلیل تعلیمی ما دریافتیم که شیوهی تأیید یک راه حل توسط دانشجو یا استاد به ویژگی‌های وضعیت عمل جراحی بستگی دارد، مثلاً نوع شکستگی لگن بیمار، کیفیت استخوان بیمار و طبیعت وضعیت حل مسأله. این ویژگی‌ها «متغیرهای تعلیمی» نامیده می‌شوند.

جدول 1- زیرمجموعه‌ای از مسائل ارائه شده به دانشجو

Problem ID	Fracture type		Bone quality			Declaration	
	Sacrum fracture	Pure disjunction	High density	Normal density	Low density	Define trajectory	Validate trajectory
P _A		X		X		X	
P _B	X			X		X	
P _C	X			X			X
P _D		X		X			X
P _E	X				X	X	
P _F		X			X	X	

جدول 2- عملگرهای به کاررفته در حل مسائل جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی

شماره‌ی عمل	عملگر	رده‌های مسیر میله
1	معرفی یک نقطه‌ی ورودی برای میله	اطلاعاتی موجود نیست
2	جهت‌دهی به میله	اطلاعاتی موجود نیست
3	پیش بردن میله	اطلاعاتی موجود نیست
4	گرفتن تصویر نمای ورودی	میله به کورتکس پیشین بخش جانبی استخوان خاجی خیلی نزدیک است. که یعنی میله در این نما زیادی پایین است (موقعیت میله نادرست است).
5	گرفتن تصویر نمای خروجی	در این نما موقعیت میله درست است.
6	برداشتن میله	اطلاعاتی موجود نیست
7	معرفی نقطه‌ی ورودی جدید	اطلاعاتی موجود نیست
8	جهت‌دهی به میله	اطلاعاتی موجود نیست
9	پیش بردن میله	اطلاعاتی موجود نیست

10	گرفتن تصویر نمای ورودی	میله از کورتکس پیشین بخش جانبی استخوان خاجی خیلی دور است (موقعیت میله نادرست است).
11	گرفتن تصویر نمای خروجی	در این نما موقعیت میله درست است.
12	تأیید مسیر میله	ردپاهای مشابه از عمل قبلی

متغیرهای تعلیمی برای طرح مسائل متنوع به کار می‌روند (جدول 1). این مجموعه مسائل می‌توانند برای ایجاد نزاع شناختی برای دانشجو (سست کردن ادراک او) به کار روند تا یادگیری اثربخش‌تر شود. گاهی مسائل برای تصحیح نتیجه‌ی تشخیص درباره‌ی ادراک دانشجو با کار می‌روند. مثلاً ممکن است از دانشجو خواسته‌شود تا یک راه‌حل خاص را تأیید کند تا عنصر تشخیص مدارک بیشتری درباره‌ی میزان درک او از اهمیت کیفیت استخوان بیمار به دست آورد. این به سیستم کمک می‌کند که بازخورد مناسب‌تری به دانشجو بدهد.

عملگرها (R)

تحلیل تعلیمی علاوه بر توضیح کامل و دقیق فرایند جایگذاری پیچ‌خاصه‌ای-خاجی مجموعه‌ای از عملگرها نیز فراهم می‌کند. جدول 2 تعدادی از عملگرهای فرایند حل مسأله را نشان می‌دهد. ما از این مطلب در شرح نحوه‌ی کار عنصر تشخیص در بخش بعد استفاده می‌کنیم.

کنترل‌ها (Σ)

همان‌طور که پیشتر ذکر شد، در طی فرایند حل مسأله، بررسی جراح که آیا یک عمل مناسب است یا یک مسأله حل شده‌است یا نه با یک مجموعه‌ی کنترل همراه است. در دامنه‌ی جایگذاری پیچ‌خاصه‌ای-خاجی، تحلیل‌گر از بعد معرفت‌شناسی دو نوع کنترل را تشخیص داد: 1- تئوری (کسب شده در واحدهای تئوری) و 2- عملی (کسب‌شده با تجربه). تحلیل‌گر همچنین بر اساس طبیعت دامنه‌ی سوژه کنترل‌ها را به چهار نوع تقسیم کرد: 1- کنترل‌های آناتومیک که به آناتومی لگن مربوط است. 2- کنترل‌های مسیر که مسیر میله مربوط است. 3- کنترل‌های رادیوگرافی که به عکس‌های رادیولوژی گرفته‌شده حین جراحی مربوط است. 4- کنترل‌های ارتباط که به ارتباط بین عکس‌ها و بدن مربوط است. این طبقه‌بندی‌ها لازم است چون که مدلسازی فرایند تشخیص و تصمیم‌تعلیمی به طبیعت کنترل‌ها بستگی دارد. جدول 3 زیرمجموعه‌ای از حدود 100 کنترل جمع‌آوری‌شده توسط تحلیل‌گر را نشان می‌دهد.

برای تصمیم‌گیری این که چه کنترل(هایی) در یک فرایند حل مسأله به کار روند، جراح (استاد یا دانشجو) باید با عکسبرداری وضعیت را بررسی کند تا ویژگی‌های آن را تعیین کند. ما اصطلاح «متغیرهای وضعیت»¹ (SV) را برای شرح ویژگی‌های یک وضعیت حل مسأله به کار می‌بریم. جدول 4 نمونه‌هایی از SVها را نشان می‌دهد. مقدار یک SV تنها وقتی توسط جراح قابل سنجش است که عملی مربوط به آن انجام دهد، مثلاً گرفتن عکس نمای ورودی برای تعیین مقدار SV1 و SV10.

جدول 3- نمونه‌هایی از کنترل‌های جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی

Control ID	Type	Content
<i>Anatomy</i>		
Σ8bis	Theoretical	IF the pin is down the anterior cortical bone of the iliac wing on the inlet view, THEN it can hurt the lumbo-sacral trunk
Σ9bis	Theoretical	IF the pin is up the sacral canal on the inlet view, THEN it can hurt the S1 roots and the cauda equine
Σ38	Theoretical	IF the pin is in front of the dense lines on the lateral view, THEN it can hurt the sacral canal
<i>Trajectory</i>		
Σ7	Theoretical	IF the pin is well positioned, THEN it is behind the dense lines on the lateral view
Σ8	Theoretical	IF the pin is well positioned, THEN it is up the anterior cortical bone of the iliac wing on the inlet view
Σ30	Pragmatic	IF the pin would become extra osseous by being pushed in S1, 1cm after the median line, THEN it can be stopped at the median line
Σ65	Pragmatic	IF the screw is well anchored, THEN its extremity lies in S1, 1cm after the median line
Σ67	Pragmatic	In case of a disjunction: IF the pin would become extra osseous, THEN it can be stopped just 1cm after having reached S1
<i>Radiography</i>		
Σ6	Theoretical	IF the X-ray is a good outlet THEN the sacral plate must be visible
Σ92	Pragmatic	IF the pin is correctly positioned on the inlet view, THEN the pin trajectory can be valid, but not sure (i.e., one should not validate the pin course in this case, but should look for more evidence to do so)
<i>Correspondence</i>		
Σ14	Pragmatic	IF the pin touches the anterior cortex of the lateral part of the sacrum on the inlet view THEN it is too ventral on the body of the patient
Σ15	Pragmatic	IF the pin touches the posterior cortex of the lateral part of the sacrum on the inlet view THEN it is too dorsal on the body of the patient
Σ20	Pragmatic	IF the pin touches the first anterior sacral foramen on the outlet view THEN it is too caudal on the body of the patient

ترجمه‌ی ستون سوم جدول:

- اگر² میله در نمای ورودی تا استخوان قشری پیشین پایین آمده‌است آنگاه³ احتمال آسیب به ناحیه‌ی لامبوساکرال وجود دارد.

¹ Situation variables

² IF

³ THEN

- اگر میله در نمای ورودی در کانال خاجی است آنگاه ممکن است به ریشه‌های S1 و دنباله آسیب برسد.
- اگر میله در نمای جانبی جلوی خطوط پررنگ است آنگاه ممکن است به کانال خاجی آسیب برسد.
- اگر میله خوب جایگذاری شده است آنگاه در نمای جانبی پشت خطوط پررنگ است.
- اگر میله خوب جایگذاری شده است آنگاه در نمای ورودی بالای استخوان قشری است.
- اگر میله با فشار دادن در S1 1cm پس از خط میانی بیشتر شود، آنگاه می‌تواند در خط میانی متوقف شود.
- اگر پیچ خوب مهار شده باشد آنگاه انتهای آن در S1، 1cm پس از خط میانی است.
- در صورت جدا شدن: اگر میله خیلی استخوانی شود، آنگاه می‌تواند 1cm پس از رسیدن به S1 متوقف شود.
- اگر عکس رادیولوژی نمای خروجی خوب باشد آنگاه باید صفحه ی خاجی دیده شود.
- اگر میله در نمای ورودی خوب جایگذاری شده باشد آنگاه مسیر میله می‌تواند درست باشد (مسیر میله را تأیید نمی‌کند و مدارک بیشتری لازم دارد).
- اگر میله در نمای ورودی به کورتکس پیشین بخش جانبی استخوان خاجی رسید آنگاه بیش از حد در موقعیت خلفی بدن بیمار است.
- اگر میله در نمای خروجی به نخستین منفذ خاجی پیشین رسید آنگاه بیش از حد در موقعیت انتهایی بدن بیمار است.

جدول 4- نمونه‌هایی از متغیرهای وضعیت

متغیر وضعیت	شرح
SV1	میله در نمای ورودی به کورتکس پیشین بخش جانبی استخوان خاجی می‌رسد.
SV10	میله در نمای ورودی به کورتکس پسین بخش جانبی استخوان خاجی می‌رسد.

سیستم نمایش (L)

گرچه ما از یک سیستم ساده ولی سیستماتیک نمایش استفاده کردیم، سیستم نمایش دغدغه‌ی اصلی پژوهش حاضر نبوده‌است. در آینده اما مفید خواهد بود (مثلاً برای مهندسی تعلیمی) که به عنوان مشخصه‌ای برای هر کنترل یک نمایش به مدل اضافه کنیم: نمایش سه بعدی ذهنی، تصور دوبعدی، حس جنبشی، صدا و غیره.

نتیجه‌گیری

در مدل ارائه‌شده، فرایند حل یک مسأله را می‌توان به صورت یک توالی از عملگرها که حاصل آنها روی مسأله توسط کنترل‌های تأیید می‌شود و در یک سیستم نمایش مخصوص نشان داده می‌شوند توضیح داد. این مدل می‌تواند برای شرح فرایند حل مسائل پیچیده‌تر که دورنمای پژوهش‌های آینده است، به کار رود. مثلاً پیشرفت میله ممکن است گاهی با شنیدن صدای موتوری که آن را پیش می‌برد توسط جراح کنترل شود: صدای خیلی زیر ممکن است نشانه‌ی پیشروی در استخوانی فشرده باشد. آنگاه دانش آناتومی جراح به او کمک می‌کند که موقعیت دقیق میله را دریابد. در اکثر موارد او با عکسبرداری کارش را تأیید می‌کند.

مدلسازی دانشجو و تشخیص

ساختار کنترل شرح‌داده‌شده مهم‌ترین عنصر برای تأیید و جنبه‌ای کلیدی از حل مسأله است. در نتیجه هدف عنصر تشخیص ما تشخیص درک دانشجو از کنترل‌ها پس از هر عملی است که او در طی برهم‌کنش با عنصر بیه‌سازی محیط یادگیری انجام می‌دهد. نتیجه‌ی این تشخیص برای گرفتن تصمیم برای این که چه بازخوردی به او داده‌شود به کار می‌رود.

تشخیص درک کاربر از یک کنترل دشوار است. برای مثال در حالت شرح‌داده‌شده در جدول 2، پس از این که کاربر عمل 4 را انجام می‌دهد، تشخیص درک او از کنترل‌های مربوطه دشوار است: او ممکن است درکی از این کنترل‌های نداشته و اتفاقی این مسیر را برای میله انتخاب کرده‌باشد یا درک درستی از کنترل‌ها داشته‌باشد اما به دلیل دیگری اشتباه کند و یا به دلیل نداشتن درک درست از این کنترل‌ها مسیر اشتباهی انتخاب کند. به عبارت دیگر تشخیص حالت دانایی فراگیرنده در چنین حالت‌هایی دشوار است. شبکه‌های بیزی ابزاری مفید برای کار در شرایط نامطمئن هستند.

به‌علاوه، در نظر گرفتن بعد زمانی هم مهم است چرا که به مدلسازی بهتر حالت دانایی و رفتار شناختی دانشجو کمک می‌کند. مثلاً دانشجو در مرحله‌ی اول جدول 2 (اعمال 1 تا 5) اشتباه می‌کند. سپس در مرحله‌ی دوم (6 تا

11) تصحیح درست را انجام می‌دهد. ولی در عمل 12 یک مسیر نادرست میله را تأیید می‌کند. اگر بعد زمانی را در نظر نگیریم، سیستم تنها روی اشتباه او در عمل 12 تمرکز کرده و به احتمال زیاد بازخوردی در ارتباط با این خطا به او می‌دهد. اما با در نظر گرفتن این بعد، سیستم هم به تصحیح او در مرحله‌ی دوم و هم به خطای انجام‌شده نگاه کرده و بازخوردی درخور رفتار شناختی و خطای او فراهم می‌کند. ما معتقدیم که حالت دوم بهتر است چرا که به دانشجو کمک می‌کند که روی رفتار تصحیحی خود تمرکز کرده و از مسیری بهینه به راه‌حل درست برسد. شبکه‌های بیزی زمانی برای مدلسازی این بعد زمانی مفید هستند. در بخش‌های بعدی پس از دادن پس‌پیمینه‌ی لازم درباره‌ی شبکه‌های بیزی زمانی، مدل دانشجو را در محیط یادگیری خود ارائه داده و در نهایت یک متا-مدل¹ و شبکه‌ی بیزی زمانی به‌کاررفته در عنصر تشخیص محیط یادگیری خود را شرح می‌دهیم.

شبکه‌های بیزی زمانی

شبکه‌ی بیزی یک مدل گرافیکی که پژوهشگران برای رمزگشایی روابط احتمالاتی بین متغیرها به کار می‌برند. به طور ویژه‌تر، شبکه‌ی بیزی یک گراف چرخه‌ای مستقیم است که گره‌های متغیرهای اتفاقی و منحنی‌های وابستگی‌های شرطی را نشان می‌دهند. اگر یک منحنی از گره X به گره Y وجود داشته‌باشد، X والد Y و Y فرزند X خوانده می‌شود. یک گره فاقد والد گره ریشه یا گره غیرشرطی خوانده می‌شود. یک گره دارای والد گره شرطی خوانده می‌شود که با یک جدول احتمال شرطی² (CPT) همراه است که اثر والدها بر این گره را مشخص می‌کند. محاسبات احتمالاتی در شبکه‌های بیزی بر اساس قوانین احتمال (Pearl, 2000, Chapter 1) و اصل یا قانون Bayes استوار است. این قانون احتمال شرطی و نهایی رویدادها X و Y را به هم ربط می‌دهد که در آن احتمال Y صفر نمی‌شود:

.....

که در آن:

• $P(X)$ احتمال نهایی X است. همچنین از آنجا که به احتمال Y بستگی ندارد احتمال پیشین نیز نامیده می‌شود.

¹ Meta-model

² conditional probability table

- $P(X|Y)$ احتمال شرطی X است با وجود Y . از آنجا که به مقدار Y بستگی دارد احتمال پسین نیز نامیده می‌شود.

- $P(Y|X)$ احتمال شرطی Y است با وجود X .

- $P(Y)$ احتمال نهایی Y است و به عنوان یک ثابت نرمالیزه‌کننده به کار می‌رود.

قانون Bayes در این فرم نشان می‌دهد که چگونه باور شخص درباره‌ی X با مشاهده‌ی Y تغییر می‌کند. به

همین دلیل شبکه‌های بیزی را شبکه‌های باور نیز می‌نامند.

شکل 5 مثالی از شبکه‌های بیزی است. «ابری» یک متغیر مستقل اتفاقی است (یک گره ریشه) که دو مقدار

ممکن دارد (درست و نادرست). «باران» یک متغیر وابسته (گره شرطی) است که آن هم همان دو مقدار ممکن را

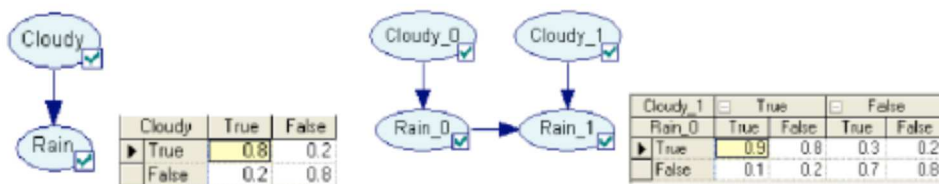
دارد. گره اول والد گره دوم و گره دوم فرزند آن است. گره «باران» دارای یک CPT است که نشان می‌دهد اگر

هوا ابری باشد به احتمال 80٪ باران می‌بارد و اگر نه، به احتمال 80٪ باران نمی‌بارد. بر اساس این شبکه‌ی بیزی

می‌توان احتمال «باران می‌بارد» را بر اساس احتمال «ابری است» محاسبه کرد؛ مثلاً، اگر احتمال «فردا ابری است»

70٪ باشد، آنگاه احتمال «فردا باران می‌بارد» 62٪ است. یک شبکه‌ی بیزی زمانی یک شبکه‌ی بیزی است که در

آن فرایندهای احتمالی مدل‌سازی می‌شوند، یعنی بعد زمانی در نظر گرفته می‌شود.



شکل 5. یک شبکه بیزی ساده (چپ) و یک شبکه بیزی زمانی ساده (راست)

مدل دانشجویی

هدف عنصر تشخیص در سیستم یادگیری ما تشخیص استفاده‌ی دانشجو از کنترل‌ها در حین فرایند حل

مسئله‌اش است. برای هر کنترل سه حالت استفاده از آن توسط دانشجو در نظر می‌گیریم:

• **BPV**: به معنی «استفاده‌شده به صورت معتبر^۱». یعنی دانشجو کنترل را به کار می‌برد و درک درستی از آن دارد. پس می‌تواند آن را مطابق انتظار استاد در جای درست به کار ببرد.

• **BPI**: به معنی «استفاده‌شده به صورت نامعتبر^۲». یعنی دانشجو در یک موقعیت خاص درک نادرستی از کنترل دارد. یعنی او گرچه درک درستی از کنترل در موقعیتی دیگر دارد، اما آن را به اشتباه برای موقعیت فعلی به کار می‌برد.

• **NBP**: به معنی «استفاده‌نشده^۳» است. یعنی دانشجو از کنترل استفاده نمی‌کند و احتمالاً آن را در ذهن ندارد.

برای مدل‌سازی حالت دانایی دانشجو ما از یک بردار کنترل (ΣV) بر پایه ی مدل ارائه‌شده توسط Henze و Njdl (2001) استفاده کردیم. هر جزء بردار یک احتمال شرطی است که تخمین سیستم تشخیص را از درک دانشجو S درباره‌ی کنترل Σ ، بر اساس همه‌ی مشاهداتی (مستنداتی) که سیستم درباره‌ی دانشجو دارد E ، نشان می‌دهد:

.....

جدول 5 بخشی از مدل دانشجو را نشان می‌دهد که برای هر دانشجویی در آغاز فرایند حل مسأله انجام می‌شود. از آنجا که در آغاز هیچ مدرکی از استفاده‌ی دانشجو از کنترل‌های وجود ندارد، برای هر کنترل احتمال‌ها به طور مساوی بین سه حالت تقسیم شده‌است.

تشخیص دانشجو

کارکرد اصلی عنصر تشخیص در سیستم یادگیری ما ایجاد یک شبکه‌ی بیزی زمانی است. در این بخش روش ایجاد این شبکه و یک متا-مدل از آن را شرح خواهیم داد.

متا-مدل

شکل 6 متا-مدل شبکه‌ی بیزی زمانی ما را نشان می‌دهد که در آن بعد زمانی مورد تأکید است. متا-مدل

شامل زیر-مدل‌های زیر است:

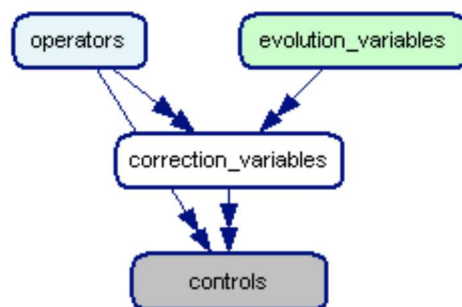
¹ brought into play validly

² brought into play invalidly

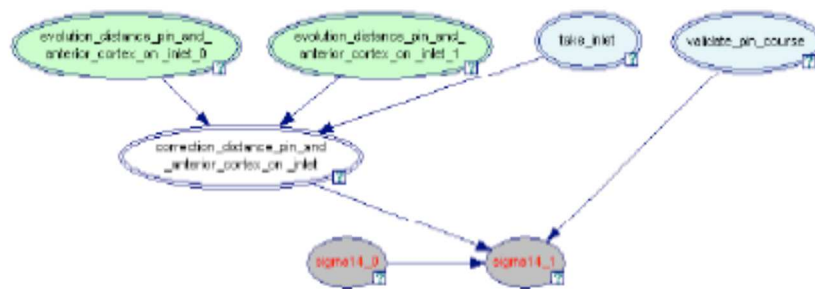
³ not brought into play

- زیرمدل operators شامل گره‌های نشان‌دهنده‌ی عملگرهای تعریف شده در تحلیلی تعلیمی.
- زیرمدل evolution_variables شامل گره‌های نشان‌دهنده‌ی متغیرهای تکامل. به طور خلاصه این زیرمدل بیشتر برای نظارت بر تکامل ویژگی‌های مسیر میله‌ی دانشجو در حین تلاش او برای یافتن راه‌حل است
- زیرمدل correction_variables شامل گره‌های نشان‌دهنده‌ی متغیرهای تصحیح. این زیرمدل برای نظارت بر فرایند تصحیح (رفتار تصحیح) دانشجو در حین تلاش او برای یافتن راه‌حل است.
- زیرمدل controls شامل گره‌های نشان‌دهنده‌ی کنترل‌های تعریف‌شده در بخش تحلیل تعلیمی، مثلاً $\Sigma 14$ (جدول 3 را ببینید).

تشخیص دانشجو در سیستم یادگیری ما «بر پایه‌ی کنترل» است (یعنی دانش دانشجو درباره‌ی کنترل‌ها را می‌سنجد)، در نتیجه روش ساخته شبکه‌ی بیزی زمانی نیز بر پایه‌ی کنترل است. به عبارت دیگر برای هر کنترل (مانند $\Sigma 14$) همان فرایند ساخت مدل کنترل را به کار بردیم. شکل 7 مدل تشخیص برای $\Sigma 14$ را نشان می‌دهد: `take_inlet` و `validate_pin_course` گره‌های عملگر در زیر مدل `operators`، `evolution_distance_0`، `evolution_distance_1` گره‌های تکامل در زیرمدل `evolution_variables`، `correction_distance` گره تصحیح در زیرمدل `correction_variables` و `sigma14_0` و `sigma14_1` گره‌های کنترل در زیرمدل `controls` هستند. طبق قرارداد متغیرهای شامل `_1` مربوط به حالت فعلی و متغیرهای شامل `_0` مربوط به حالی قبلی هستند (جزئیات بیشتر در بخش‌های بعدی). برای محاسبه‌ی متغیرهای تکامل، مجموعه‌ای از قوانین IF-THEN که نماینده‌ی محدودیت‌های دامنه تعریف‌شده در تحلیل تعلیمی هستند، به کار می‌رود. چهار زیرمدل و این قوانین را در ادامه بحث خواهیم کرد.



شکل 6. یک متا مدل از شبکه بیزی زمانی برای تشخیص دانشجویان



شکل 7. بخشی از شبکه بیزی زمانی برای مدل‌سازی تشخیص سیگما 14

متغیرهای تکامل

در مرحله‌ی تحلیل تعلیمی تحلیل‌گر روابط بین کنترل‌های، عملگرها و متغیرهای وضعیت را تعریف کرد (جدول 4)، برای مثال متغیر وضعیت مربوط به $\Sigma 14$ SV1 است: «میله در نمای ورودی به کورتکس پیشین بخش جانبی استخوان خاجی می‌رسد.» متغیری مانند «فاصله‌ی بین میله و کورتکس پیشین بخش جانبی استخوان خاجی در نمای ورودی» را برای مدل‌سازی تکامل و تصحیح دانشجو در مسیر میله به کار می‌بریم.

حالت نشان‌داده‌شده در جدول 2 نشان می‌دهد که در نظر گرفتن مقادیر متغیرهای وضعیت در نقاط مختلف زمانی برای مدل‌سازی بعد زمانی مهم است. بنابراین، برای هر متغیر وضعیت مربوط به یک کنترل دو متغیر میانجی برای مدل‌سازی تکامل متغیر وضعیت تعریف می‌کنیم، مثلاً شکل 7 دو متغیر میانجی مربوط به $\Sigma 14$ را نشان می‌دهد: $evolution_distance_0$ و $evolution_distance_1$ (در بخش متغیرهای تصحیح اهمیت این متغیرهای را شرح خواهیم داد). در شبکه‌ی بیزی زمانی با گره‌های جبری نشان داده‌شده‌اند (نوع خاصی گره در شبکه‌های بیزی، GENIE, 2006 را ببینید) که یکی از 5 مقدار زیر را می‌گیرند:

- **correct**: وقتی فاصله‌ی بین میله و کورتکس پیشین در زمان حال بر طبق محدودیت‌های دامنه درست باشد (اما نه مانند راه‌حل ایده‌آل یک متخصص).
- **Incorrect**: وقتی که فاصله‌ی بین میله و کورتکس پیشین در زمان حال بر طبق محدودیت‌های دامنه نادرست باشد و سیستم اطلاعاتی از این فاصله در گذشته نداشته‌باشد منظور از زمان گذشته نزدیک‌ترین زمانی است که سیستم مدل دانشجو را به‌روز کرده‌است (به‌روزرسانی پس از هر بار کار دانشجو با عنصر شبیه‌سازی انجام می‌شود).

- **incorrect_good_way**: وقتی سیستم درباره‌ی فاصله در حال و گذشته اطلاعات دارد و فاصله‌ی فعلی نادرست است اما رفتار دانشجو در قبال خطا رضایت بخش است (عمل 10 در جدول 2 را ببینید).
- **incorrect_bad_way**: مانند **incorrect_good_way**، اما رفتار دانشجو در قبال خطا مطلوب نیست.
- **no_information**: یک مقدار پیش فرض است. این مقدار مثلاً برای آغاز به کار شبکه‌ی بیزی برای فرایند حل مسأله مفید است.

قوانین IF-THEN

برای محاسبه‌ی متغیرهای تکامل قبلی مختوم به «_1» در زمان حال، عنصر تشخیص از یک سری قوانین IF-THEN استفاده می‌کند که بر اساس محدودیت‌های دامنه که در تحلیل تعلیمی مشخص شد؛ قرار دارند. جدول 6، متغیرهای مربوط به **evolution_distance_1** را نشان می‌دهد. مجموعه‌ی IF-THEN با در نظر گرفتن بعد زمانی شرح داده شده در بخش قبلی تدوین شده است (متغیرهای وضعیت مختوم به «_0» را در عبارات IF در جدول 6 ببینید).

جدول 5. بخشی از مدل دانشجویی آغاز شده

Control ID	Probability		
	BPV	BPI	NBP
Σ14	0.33	0.33	0.34
Σ15	0.33	0.33	0.34

جدول 6- بخشی از قوانین تشخیص IF-THEN

(فاصله به میلیمتر، **_1** مربوط به زمان حال و **_0** مربوط به گذشته است).

IF Clause	THEN Clause
(distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1 > 4)	evolution_distance_1 = correct
(distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1 <= 4)	evolution_distance_1 = incorrect
((distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1 <= 4) AND (distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_0 < distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1))	evolution_distance_1 = incorrect_good_way
((distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1 <= 4) AND (distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_0 > distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1))	evolution_distance_1 = incorrect_bad_way

متغیرهای تصحیح

گرچه بعد زمانی تا حدودی در قوانین IF-THEN لحاظ شده است، متغیرهای تکامل به سیستم اجازه نمی‌دهند که رفتار تصحیح دانشجو را کاملاً مدلسازی کند؛ برای مثال وضعیت زیر: در یک زمان گذشته، دانشجو میله را وارد کرده است و فاصله با کورتکس 3mm بوده است (نادرست). در زمان حال برای تصحیح یک خطای به خصوص، که ممکن است به این فاصله مربوط نباشد، دانشجو یک بار دیگر میله را وارد می‌کند و فاصله همان 3mm باقی می‌ماند. در این وضعیت، سیستم باید تشخیص دهد که دانشجو هیچ تصحیحی درباره‌ی فاصله انجام نداده است. متغیرهای تکامل مختوم به 0_ برای چنین وضعیت‌هایی به وجود آمده‌اند. مقدار evolution_distance_0 از مقدار محاسبه شده‌ی evolution_distance_1 در زمان گذشته کپی می‌شود. بنابراین برای مدلسازی رفتار تصحیحی دانشجو در قبال یک خطای خاص به کامل‌ترین شکل، گره‌های جبری (مانند correction_distance در شکل 7) ایجاد می‌شوند. به علاوه، فراگیرنده، هنگام کار با عنصر شبیه‌سازی، باید برای بررسی تکامل میله‌گذاری‌اش اعمال خاصی را انجام دهد. مثلاً برای سنجش فاصله با کورتکس در گذشته و حال باید یک نمای ورودی بگیرد (اعمال 4 تا 10 در جدول 2). پس گره correction_distance سه والد دارد: دو گره تکامل و یک گره جبری دودویی که نشان‌دهنده‌ی انجام شدن یا نشدن عمل توسط دانشجو است (take_inlet در شکل 7). گره تصحیح یکی از 5 مقدار زیر را می‌گیرد:

- correct: مشابه مقدار correct: در متغیرهای تکامل.
- no_correction: برای مثال بدون تغییر ماندن فاصله با کورتکس در نمای ورودی (مثال پاراگراف قبل).
- good_way: مشابه مقدار incorrect_good_way متغیرهای تکامل.
- bad_way: مشابه مقدار incorrect_bad_way متغیرهای تکامل.
- no_information: مشابه مقدار no_information متغیرهای تکامل.

جدول 7 بخشی از تعاریف این گره‌ها را نشان می‌دهد. نکته‌ی مورد نظر اینجا این است که این تعریف برای هر گره تصحیحی صادق است.

گره‌های کنترل

پس از خلق متغیرهای تکامل مربوط به $\Sigma 14$ ، دو گره شانس (مانند $\sigma 14_0$ و $\sigma 14_1$ در شکل 7) ایجاد می‌شوند. اولی نتایج تجمعی تشخیص کنترل مربوطه تا زمان گذشته و دومی این نتایج را در زمان حال نشان می‌دهد. همان‌طور که در بخش مدل دانشجو ذکر شد، گره‌های کنترل 3 نوع خروجی دارند: BPV، BPI و NBP. گره $\sigma 14_0$ هیچ والدی ندارد و در ابتدای فرایند حل مسأله، خروجی‌های این گره برابر توزیع شده‌اند (جدول 5 را ببینید). گره $\sigma 14_1$ سه والد دارد: $\sigma 14_0$ ، correction_distance و $\sigma 14_0$ گره جبری دودویی validate_pin_course که نشان می‌دهد عمل قعلی دانشجو تأیید مسیر میله است یا خیر. ما عملگر validate_pin_course را در نظر می‌گیریم چرا که در نظر داریم که تأیید یک راه‌حل نادرست با یک میله‌گذاری نادرست و انجام عملی غیر از تأیید مسیر میله مانند آغاز مجدد برای تصحیح خطاها، متفاوت است. جدول 8 بخشی از CPT گره $\sigma 14_1$ را که ما به طور ذهنی پر کرده‌ایم نشان می‌دهد. برای هر گره کنترل در همان گروه همان CPT وجود دارد (چهار گروه جدول 3 را ببینید).

جدول 7 - بخشی از تعاریف گره‌های تصحیح

take_inlet	yes				
evolution_distance_0	incorrect				
evolution_distance_1	correct	incorrect	incorrect_good_way	incorrect_bad_way	no_information
good_way			X		
bad_way				X	
correct	X				
no_correction		X			
no_information					X
take_inlet	yes				
evolution_distance_0	correct				
evolution_distance_1	correct	incorrect	incorrect_good_way	incorrect_bad_way	no_information
good_way					
bad_way		X	X	X	
correct	X				
no_correction					
no_information					X

جدول 8 - بخشی از تعریف گره‌های کنترل در گروه ارتباط

correction_distance	good_way					
	yes			no		
validate_pin_course	BPV	BPI	NBP	BPV	BPI	NBP
$\sigma 14_0$	0.4	0.1	0.1	0.6	0.4	0.4
BPV	0.4	0.1	0.1	0.6	0.4	0.4
BPI	0.5	0.8	0.5	0.2	0.4	0.2
NBP	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	0.4

فرایند تشخیص

در آغاز فرایند حل مسأله‌ی فراگیرنده هر گرهی در شبکه‌ی بیزی مقدار پیش‌فرض را دارد (مانند

no_information برای گره‌های تکامل). عملکرد عنصر

1- پس از دریافت اعمال و ردهای دانشجو از عنصر ردیابی، عنصر تشخیص از مجموعه قوانین IF-THEN

برای محاسبه‌ی مقادیر متغیرهای تکامل استفاده می‌کند. عنصر تشخیص عنصر تشخیص همیشه دو مقدار

برای هر متغیر در نظر می‌گیرد: یکی برای حال و دیگری برای زمان قبلی.

2- برای شبکه‌ی بیزی، عنصر تشخیص برای مقدار عملگرهای مربوط به اعمال دانشجو مقدار «True» را در

نظر گرفته و از مقادیر محاسبه‌شده در مرحله‌ی 1 برای تنظیم مقادیر گره‌های تکامل استفاده می‌کند.

3- عنصر تشخیص شبکه‌ی بیزی را به‌روز کرده و نتایج تشخیص (مانند احتمالات سه حالت کنترل) را به

عنصر تصمیم‌تعلیمی می‌فرستد که برای دانشجو بازخورد ایجاد می‌کند.

4- برای درست کار کردن شبکه‌ی بیزی برای عمل بعدی دانشجو (یعنی در نظر گرفتن بعد زمانی)، پس از

به‌روزرسانی شبکه بیزی، عنصر تشخیص مقادیر گره‌های مختوم به 1_ را روی گره‌های مختوم به 0_

کپی می‌کند.

جدول 9- بخشی از نتایج تشخیص برای حالت جدول 2.

Operator	Pin traces	"Evolution" variables	Part of diagnosis result			
			Σ	BP V	BPI	NB P
OP1: Introduce an entry point	None	all variables: no_information	$\Sigma 14$	0.33	0.33	0.34
OP2: Orientate the pin	None	all variables: no_information	$\Sigma 14$	0.33	0.33	0.34
OP3: Advance the pin	None	all variables: no_information	$\Sigma 14$	0.33	0.33	0.34
OP5: Take an inlet view	distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet=1	evolution_distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1=incorrect	$\Sigma 14$	0.20	0.20	0.60
OP6: Take an outlet view	distance_pin_and_sacral_foramen_on_outlet=6	evolution_distance_pin_and_sacral_foramen_on_outlet_1=correct	$\Sigma 14$	0.20	0.20	0.60
OP4: Restore the pin	None	all variables: no_information	$\Sigma 14$	0.20	0.20	0.60
OP1: Introduce an entry point	None	all variables: no_information	$\Sigma 14$	0.20	0.20	0.60
OP2: Orientate the pin	None	all variables: no_information	$\Sigma 14$	0.20	0.20	0.60
OP3: Advance the pin	None	all variables: no_information	$\Sigma 14$	0.20	0.20	0.60
OP5: Take an inlet view	distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet=3	evolution_distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1=incorrect_good_way	$\Sigma 14$	0.44	0.24	0.32
OP6: Take an outlet view	distance_pin_and_sacral_foramen_on_outlet=5	evolution_distance_pin_and_sacral_foramen_on_outlet_1=correct	$\Sigma 14$	0.44	0.24	0.32
OP9: Validate the pin course	distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet=3 distance_pin_and_sacral_foramen_on_outlet=5	evolution_distance_pin_and_anterior_cortex_on_inlet_1=incorrect evolution_distance_pin_and_sacral_foramen_on_outlet_1=correct	$\Sigma 14$	0.23	0.57	0.20

ارزیابی

مدلی که شرح داده شد بر پایه‌ی راه‌حل‌های کارشناسانه طراحی نشده است، بلکه بر پایه‌ی محدودیت‌هایی است که تخصص در دامنه را مشخص می‌کنند. در این زمان تأیید روش ما بر پایه‌ی روش‌های به‌کاررفته در راه‌کارهای متخصص‌محور و سیستم‌های کارشناسی تصمیم-تئوری است. ما جنبه‌های محاسباتی بسیاری را که به احتمال ایجاد یک تشخیص شناختی ربط دارند تأیید کردیم: ما یک استاندارد طلایی معتبرسازی (Russell & Norvig, 2009) تعریف کردیم که در آن مجموعه‌ای از سناریوها را با مجموعه‌ای از جفت‌های ورودی و خروجی صحیح شناسایی کردیم.

ورودی عبارت است از اعمال و ردهای مسیر میله در حالی که دانشجو با عنصر شبیه‌سازی کار می‌کند و خروجی تشخیص داده‌شده توسط عنصر تشخیص است (جدول 9 را ببینید). تیم تحقیقاتی ما شامل دانشمندان کامپیوتر و کارشناسان تعلیمی برای تعیین و تأیید سناریوهای پژوهشی با هم همکاری کردند. تأییدی که ما با 6 سناریو 20 کنترل اجرا کردیم نشان داد که عنصر تشخیص ما می‌تواند در زمانی قابل قبول تشخیص‌هایی منطقی ایجاد کند (با یک پردازنده‌ی 2/4GHz و حافظه‌ی 512Mb RAM کمتر از 5 ثانیه). برای مثال تشخیص نشان داده‌شده در جدول 9 می‌تواند این‌گونه تفسیر شود: پس از عمل 4، چون دانشجو فاصله‌ای نادرست ایجاد کرد و یک نمای ورودی گرفت، خروجی NBP کنترل مربوطه بالا می‌رود. پس از عمل 10، چون به نظر می‌رسد که دانشجو مسیر میله را خوب تصحیح کرده است، خروجی BPV کنترل 14Σ بالا می‌رود. پس از عمل 12 اما چون دانشجو یک راه‌حل نادرست را تأیید کرده است، خروجی BPI کنترل 14Σ بالا می‌رود.

بحث

در شبکه‌ی بیزی ما رفتار دانشجو را در تنها دو نقطه‌ی زمانی مدل‌سازی کردیم: زمان حال و یک زمان در گذشته (که هر یک مربوط به عملی است که در ارتباط با عنصر شبیه‌سازی انجام داده است). رفتار دانشجو در نقاط زمانی دیگر (یعنی زمان‌های قبل از نزدیک‌ترین زمان قبلی)، در به‌روزرسانی شبکه‌ی بیزی در نزدیک‌ترین زمان قبلی به حساب آمده‌اند (مرحله‌ی چهار کار عنصر تشخیص در بخش قبلی را ببینید). یک کنایه‌ی فنی برای این فرایند می‌تواند یک فرمول بازگشتی برای محاسبه‌ی مجموع 1 تا N باشد: $F(N) = F(N-1) + 1$ و $F(1) = 1$

N اگر N بزرگتر از 1 باشد که در آن محاسبه‌ی $F(N)$ به $F(N-1)$ و N بستگی دارد. بنابراین $F(N)$ به گره‌های کنترل مختوم به 1_ و $F(N-1)$ به گره‌های مختوم به 0_ برمی‌گردد و N به عمل و رد فعلی برمی‌گردد. علاوه بر نتیجه‌ی تشخیص حالت فعلی دانایی‌های دانشجو که به صورت احتمالات گره‌های کنترل نمایش داده‌می‌شوند، عنصر تشخیص همچنین نتیجه‌ی تشخیص رفتار شناختی دانشجو در طی زمان را هم به روشنی ارائه می‌دهد که برای مثال، با گره‌های تصحیح نشان داده‌می‌شود. حیاتی بودن تشخیص اولی در بسیاری از ITS‌های سنتی اثبات شده‌است (Wenger, 1987). نتیجه‌ی دوم درباره‌ی رفتار شناختی نیز به باور ما، می‌تواند مهم باشد. از یک سو، می‌تواند به عنصر تعلیمی کمک کند که بازخورد بهتری فراهم کند. از سوی دیگر، به سیستم کمک می‌کند که بفهمد کی و چگونه در یک فرایند حل مسأله و در حین فرایندهای مشابه یادگیری اتفاق می‌افتد تا مدل دانشجو را بهبود داده و بازخورد بهتری برای او ایجاد کند. برای مثال، پس از تعدادی برهم‌کنش خطا-بازخورد بین دانشجو و سیستم، از او خواسته‌می‌شود که مسأله‌ی دیگری را حل کند. او میله را اشتباه وارد می‌کند، برای تصحیح تلاش‌های مثبت انجام می‌دهد تا میله درست وارد شود. در این هنگام، سیستم می‌فهمد که یادگیری روی داده‌است؛ احتمالاً به کمک بازخورد قبلی فراهم شده توسط سیستم. در نتیجه سیستم استراتژی موفق خود را برای فراهم کردن بازخورد مشابه در موارد مشابه ادامه می‌دهد.

قوانین IF-THEN و شبکه‌ی بیزی زمانی که پیشتر شرح داده‌شدند، احتمالاً تنها راه لحاظ کردن بعد زمان در مدلسازی و تشخیص نیستند. مثلاً ممکن است دیگران از IF-THEN‌های بیشتر و گره‌های جبری کمتری استفاده کنند و به راه‌حلی مشابه برسند. نکته اینجا است که بعد زمانی باید هم در قوانین IF-THEN و هم در شبکه به طور سیستماتیک مدلسازی شود.

کارهای مشابه و بحث

کمک اصلی این مقاله به راه‌کارهای موجود یک مدل جدید بر پایه‌ی شبکه‌های بیزی زمانی برای مدلسازی و تشخیص دانشجویی است که در آن علاوه بر تشخیص حالت فعلی دانایی دانشجو، بر اهمیت وضوح و تشخیص سیستماتیک رفتار شناختی دانشجو روی یک مسأله و در خلال مسائل تأکید می‌کنیم. خواننده‌ی مشتاق را به کار

Wenger (1987) و Webber (2004) راهنمایی می‌کنیم تا با روش‌های شناختی دیگر مانند روش جایگشت¹ ، روش buggy و روش ردیابی مدل آشنا شود.

در این مقاله شبیه‌سازی جایگذاری پیچ خاصه‌ای-خاجی تنها به عنوان مثالی برای سنجش و ارزیابی مدل پیشنهادی ما ارائه شده‌است. یعنی این مقاله از آموزش پزشکی و شبیه‌سازی آموزش بر اساس کامپیوتر فراتر می‌رود. خواننده‌ی علاقه‌مند به این زمینه‌ها به مرور کلی فناوری در آموزش پزشکی و مرور سیستم‌های آموزشی بر پایه‌ی شبیه‌سازی ارجاع داده می‌شود.

روش بر پایه‌ی ادراک

روش بر پایه‌ی ادراک بر پایه‌ی چارچوبی تئوری شرح داده شده به ویژه مدل CK ϕ استوار است. این روش یک روش فوری، چندعنصره و از بالا به پایین است که در آن دو سطح وجود دارد: سطح میکرو و سطح ماکرو. اولی شامل شبکه‌ای از عناصر ادراکی (یعنی مسائل، عملگرها، سیستم نمایش و کنترل‌ها) است و بر مدل CK ϕ استوار است. دومی شامل مجموعه‌ای از ادراک‌ها که دانشجو ممکن است داشته باشد، برای مثال، تقارن مرکزی، تقارن عمودی و تقارن موازی در دامنه‌ی انعکاس. پس، سطح ماکرو به یک انتزاع (درباره‌ی دانش) از آنچه در سطح میکرو دیده می‌شود برمی‌گردد.

در حین فرایند حل مسأله‌ی دانشجو، عناصر سطح میکرو از استراتژی‌های تصمیم‌گیری گروهی استفاده می‌کنند (یک مکانیسم رأی‌گیری فضایی) و تشکیل پیوستگی برای به‌روزرسانی نمایش نتایج تشخیص در زمان حال استفاده می‌کنند. این ادراک‌ها با مقادیر کاربردی همراه‌اند (مثلاً 20 برای تقارن مرکزی، 11 برای عمودی و 10 برای موازی). یک عنصر مشاوره در سطح ماکرو ادراک دارای بیشترین مقدار کاربردی را انتخاب می‌کند و بازخورد مناسب را برای دانشجو ایجاد می‌کند. مثلاً: 1- پیشنهاد یک فعالیت جدید برای تقویت ادراک درست او، 2- مواجه کردن او با وضعیتی پیچیده‌تر، 3- نشان دادن مثال یا مثال‌های متضاد به دانشجو و 4- پیشنهاد تعامل بین دانشجو و دیگران یا آموزگار.

تفاوت اصلی روش‌های بر پایه‌ی ادراک و روش ما مدل‌سازی بعد زمانی است. در واقع روش بر پایه‌ی ادراک اعمال دانشجو را تنها در زمان حال بررسی می‌کند و بر خلاف روش ما هر مرحله از حل مسأله‌ی او را تحلیل و

¹ Overlay

رفتار شناختی او را بررسی نمی‌کند. یک تفاوت مهم دیگر نیز وجود دارد: عنصر تشخیصی ما روی کنترل‌ها تمرکز می‌کند و نه ادراک‌ها. در اصل استفاده از نتیجه‌ی یک تشخیص بر اساس کنترل، بازخورد ظریف‌تری نسبت به یک تشخیص بر پایه‌ی ادراک ارائه می‌کند. برای مثال با هدف قرار دادن کنترل‌های «ظریف» سیستم قادر است دانشجو را دقیقاً به صفحات وب مربوط به کنترل‌های مربوطه هدایت کند، در حالی که با هدف قرار دادن ادراک‌ها، که معمولاً کلی هستند، سیستم ممکن است یک فصل را به دانشجو معرفی کند.

روش بر پایه‌ی محدودیت

مدلسازی و تشخیص دانشجویی یک ITS بر پایه‌ی محدودیت در اصل بر اساس بانک اطلاعاتی محدودیت‌های دامنه استوار است که دانش‌سنجشی صحیح سوژه‌ی مورد تدریس را مدلسازی می‌کند - دانش‌سنجشی برای سنجش و ارزیابی خروجی‌های عمل شخص به عنوان مطلوب یا نامطلوب است. در دانه‌ی برنامه‌سازی Lisp، مثلاً، این یک محدودیت ساده است: اگر کد یکی از توابع Lisp، N پرانتز در سمت چپ دارد، باید همان تعداد هم در سمت راست داشته‌باشد (وگرنه خطا خواهد بود). این محدودیت می‌تواند برای ارزیابی عمل ساختن یک بیان Lisp توسط دانشجو به کار رود.

در طی مرحله‌ی حل مسأله، مشاور بر پایه‌ی محدودیت راه‌حل دانشجو را بر اساس محدودیت‌ها می‌سنجد و گاهی نسبت به بهترین راه‌حل ممکن تا محدودیت‌هایی را که دانشجو از آنها عدول کرده‌است را بیابد. پس از آن که دانشجو راه‌حل خود را ارائه داد، مشاور معمولاً، در صورت وجود، روی یک محدودیت عدول‌شده تمرکز می‌کند تا بازخوردی به دانشجو ارائه دهد - اگر از چند محدودیت عدول شده‌باشد، سیستم محدودیتی با بیشترین تعداد عدول را انتخاب می‌کند. این بازخورد می‌تواند در پنج سطح جزئیات سازماندهی شود: درست/غلط، نشانه‌ی خطا، راهنمایی، راه‌حل نسبی و راه‌حل کامل. مورد نخست اغلب پس از نخستین تلاش دانشجو ارائه می‌شود در حالی که موارد دوم و سوم پس از چند تلاش اشتباه ارائه می‌شوند. دو مورد آخر را دانشجو در صورت تمایل می‌تواند مشاهده کند.

گرچه این روش و روش ما چارچوب تئوری متفاوتی دارند، در چند نکته مشترک‌اند. نخست، روش محدودیت‌محور بر مدلسازی دانش‌سنجشی تمرکز دارد که کمابیش مشابه مدلسازی دانش کنترل در روش ما است به جز درباره‌ی مدلسازی روشن دانش عملی ضمنی. دوم، هر دو روش بیش از راه‌حل‌های کارشناسانه بر

پایه‌ی مجموعه‌ای از محدودیت‌ها استوارند. هر دو روش قادرند راه‌حل‌های درست مختلف توسط دانشجو را تشخیص دهند که ممکن است با راه‌حل‌های استادان متفاوت باشد. این ویژگی بسیار مهم است چرا که راه‌حل‌های درست ولی غیر معمول و خلاقانه نباید کنار گذاشته شوند (Mitrovic & Ohlsson, 1999, p. 253). سوم، هدف‌گیری محدودیت‌ها یا کنترل‌ها به عنوان ابزار تشخیص می‌تواند مطمئن باشد چرا که مشاور قادر است بازخوردی دقیق به برای دانشجو فراهم کند که دقیقاً به محدودیت(ها) و کنترل(های) به‌خصوص مربوط است. به علاوه برای طراح ITS چندان سخت نخواهد بود که بر پایه‌ی یکی از دو روش عنصر تشخیص خود را راه‌اندازی و نگهداری کند، برای مثال محدودیت‌ها یا کنترل‌هایی را اضافه یا کم کند.

علاوه بر تفاوت اصلی دو روش درباره‌ی مدلسازی بعد زمانی، تفاوت تکنیکی دیگری هم وجود دارد: ما از شبکه‌های بیزی به عنوان ابزاری مکمل قوانین IF-THEN برای تشخیص حالت شناختی دانشجو درباره‌ی استفاده از کنترل‌ها استفاده می‌کنیم.

روش بر پایه‌ی شبکه‌های بیزی

کار Mayo و Mirotic (2001) حاوی یک مرور دقیق بر استفاده از این شبکه‌ها در مدلسازی و تشخیص است. در این بخش ما فقط یک دید کلی از این موضوع را تصویر می‌کنیم. بنا به گفته‌ی این دو، می‌توان مدل‌های بر پایه‌ی شبکه‌های بیزی را بر اساس تکنیک ساختن مدل به سه رده تقسیم کرد: 1- کارشناس محور، 2- کارآیی محور و 3- داده محور. در اولی یک یا چند کارشناس ساختار کلی و CPT های شبکه‌ی بیزی را مستقیم یا غیر مستقیم مشخص می‌کنند. در رده‌ی دوم، محققان تاحدودی ساختار کلی و CPT ها را تعریف یا محدود می‌کنند و سپس دانش دامنه در شبکه «جور» می‌شود. به طور کلی محدودیت‌ها طوری انتخاب می‌شوند که کارآیی کلی بالا رود. در رده‌ی سوم، سیستم تعدادی تکنیک را در یادگیری ماشینی به کار می‌برد تا از داده‌های موجود (مثلاً درباره‌ی تعامل دانشجو و سیستم) «یاد بگیرد» تا ساختار و CPT ها را در حین کار تنظیم کند.

یک تفاوت مهم بین روش ما برای ساختن شبکه‌ی بیزی و روش‌های قبلی وجود دارد: ما از شبکه‌های بیزی پویا استفاده کردیم. در واقع همه‌ی متغیرهای تکامل، تصحیح و کنترل در شبکه‌ی ما طوری خلق شده‌اند که با ملاحظه‌ی توالی اعمال دانشجو رفتار شناختی او را مدلسازی کنند. در آینده تکنیک‌هایی را به کار خواهیم برد تا شبکه‌ی خود را در تشخیص کارآمدتر کنیم.

نتیجه‌گیری

تأکید اصلی ما در این مقاله این است که استفاده‌ی مناسب از شبکه‌های بیزی پویا برای مدل‌سازی بعد زمانی به همراه تحلیل تعلیمی ظریف، راه مؤثری برای مدل‌سازی و تشخیص دانشجو است؛ به ویژه مدل‌سازی رفتار شناختی او در دامنه‌های پیچیده مانند جراحی ارتوپدی. از سوی دیگر، در چنین دامنه‌هایی دانش عملی نقش مهمی دارد، به ویژه در درک بهتر رفتار شناختی دانشجو در فرایند حل مسأله. چنین دانشی اما، به طور کامل در منابعی مانند کتاب‌های درسی ذکر نمی‌شود و به راحتی از آموزگاران دریافت نمی‌شود. بنابراین درباره‌ی یک تحلیل تعلیمی ظریف بحث کردیم تا طبیعت دانشی که در حین حل مسأله دریافت می‌شود را به کامل‌ترین شکل ممکن دریابیم. از سوی دیگر، شبکه‌های بیزی پویا کمک شایانی در مدل‌سازی بعد زمانی به شکل کامل می‌کنند. همچنین دربرگرفتن قوانین IF-THEN در شبکه‌های بیزی زمانی مشکل نخواهد بود. ما باور داریم که مدل‌سازی حالت دانایی و رفتار شناختی دانشجو در طی زمان، به سیستم کمک می‌کند تا بازخورد بهتری برای او فراهم کرده و در نتیجه یادگیری او را بهبود بخشد.

در آینده، با استفاده از روش‌های کمی و کیفی بررسی‌های تجربی انجام خواهیم داد تا اثر عنصر تشخیصی و محیط یادگیری خود را روی دانشجویان بسنجیم. برای مثال، نتایج حاصل از سیستم را با نتایج ارزیابی واقعی چند استاد از فرایند حل مسأله‌ی دانشجویان مقایسه خواهیم کرد. همچنین ممکن است از روش‌های تفکر بلند استفاده کنیم تا نتایج تشخیص سیستم را با آنچه دانشجو بلند اظهار می‌کند مقایسه کنیم.

همچنین ممکن است به سه جهت‌گیری زیر بیشتر بنگریم: 1- روشی برای توسعه‌ی یک ابزار تألیف آسان برای کمک به محققان آموزشی در مهندسی تعلیمی در ارتباط با چارچوب ما. 2- روشی برای اتوماسیون تدوین قوانین IF-THEN استفاده از روش‌مان در دامنه‌های دیگر مانند تربیت معلمان ریاضی که با آن علاقه داریم چرا که تحقیقات اخیر در ریاضیات نیز بر اهمیت دانش ضمنی در روش تدریس ریاضی تأکید داشته است (مانند دانش درباره‌ی دانش‌آموز و محتوا، دانش درباره‌ی محتوا و تدریس و دانش درباره‌ی محتوای تخصصی، Ball, Thames, & Phelps, 2008 را ببینید).

¹ Thinking-aloud



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی