



پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته علوم کامپیوتر

عنوان:

بررسی مدل خبره برای آموزش روش‌های جستجوی مکاشفه‌ای

اساتید راهنما:

دکتر امین راحتی

دکتر حسن رضایی

تحقیق و نگارش:

حسین بنادکوکي

آبان ۱۳۹۱

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان بررسی مدل خبره برای آموزش روش‌های جستجوی مکاشفه‌ای قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر توسط دانشجو حسین بنادکوکي با راهنمایی اساتید پایان‌نامه دکتر امین راحتی و دکتر حسن رضایی تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

حسین بنادکوکي

این پایان نامه واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ توسط هیئت داوران بررسی و درجه به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما ۱:	دکتر امین راحتی	
استاد راهنما ۲:	دکتر حسن رضایی	
داور ۱:	دکتر حسن میش مست نهی	
داور ۲:	دکتر حسن زارعی	
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر اکبر گلچین	



تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب حسین بنادکوکى تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

حسین بنادکوکى

امضاء

تقدیم به:

سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت.

سپاسگزاری

از همه اساتید گرامی در طول سال‌های به یاد ماندنی شاگردیشان تشکر می‌نمایم؛ به ویژه از آقایان دکتر امین راحتی و دکتر حسن رضایی، که در این دوره تحصیلی همواره از محضرشان بهره‌مند گردیده‌ام، خاضعانه سپاسگزارم و از خداوند متعال عمری طولانی و پر برکت برای این بزرگواران خواستارم.

از کلیه دوستان و دانشجویانی که در این دوره تحصیلی همراه و در کنارم بودند به ویژه هم‌کلاسی‌ها و هم‌اتاقی‌هایم قدردانی می‌نمایم.

نگارش هیچ‌واژه‌ای از این پایان‌نامه ممکن نبود، مگر با حمایت خانواده‌ای دلسوز که همواره حامی و پشتیبانم بوده‌اند.

چکیده:

سیستم‌های آموزش هوشمند که دارای قابلیت همراهی دانشجو در طول حل مسئله و دادن بازخورد و راهنمایی هستند، با ایجاد محیطی شخصی شده کیفیت آموزش را افزایش می‌دهند. در این پژوهش یک مدل خبره برای آموزش جستجو به نحوی طراحی شده که سیستم با دقت بالا در ارزیابی دانش و انتخاب راهنمایی مناسب به سمت ایجاد محیطی شخصی شده پیش رود.

برای طراحی مدل خبره نخست یک سناریو چندگامی برای آموزش طراحی می‌شود. چون سناریو دارای رویکرد یادگیری از حل است، بنابراین جنبه رویه‌ای دانش موجود در سناریو غلبه دارد. یکی از روش‌های موثر جهت نمایش دانش رویه‌ای استفاده از قوانین است؛ از این رو پایگاه دانش مبتنی بر قانون است. با توجه به اینکه دانش با قوانین نمایش داده شده است، می‌توان دانش دانشجو را با میزان فهم وی از هر قانون ارزیابی نمود. این ارزیابی در تصمیم‌گیری مربوط به چگونگی راهنمایی مناسب دانشجو به هنگام آموزش نقشی اساسی دارد. اما چنین ارزیابی‌هایی به دلایلی مانند وجود مسیرهای چندگانه برای رسیدن به جواب و پنهان بودن استنتاج دانشجو با عدم قطعیت همراه است. در این پژوهش برای غلبه بر عدم قطعیت موجود، از شبکه بیزی مستقل از دامنه آموزش استفاده شده است. از سوی دیگر انتخاب راهنمایی مناسب نیز تاثیر بسزایی در روند یادگیری دانشجو دارد. انتخاب راهنمایی بر اساس میزان دانش دانشجو انجام می‌گیرد. در این پژوهش برای انتخاب راهنمایی از یک شبکه عصبی مصنوعی پیش رونده‌ی سه لایه استفاده شده است که این شبکه میزان دانش دانشجو را از خروجی شبکه بیزی یاد شده به عنوان ورودی دریافت می‌کند.

هزینه شبیه‌سازی مدل خبره در این پژوهش به دلیل نبود موتور استنتاج حدود ۱۰ برابر کمتر از پیاده‌سازی این مدل در سیستم‌های آموزش هوشمند است. همچنین بیش از ۸۰ درصد دانشجویان اذعان نمودند سیستم در یادگیری بهتر روش جستجوی اول سطح به آنها یاری می‌رساند. شبکه بیزی ارائه شده برای ارزیابی دانش دانشجو بطور میانگین ۹۸ درصد دقت دارد. دقت شبکه عصبی مصنوعی پیش رونده‌ی سه لایه نیز که برای ارتباط مدل خبره با مدل آموزش استفاده می‌شود، با روش ارزیابی متقابل k -بخشی برای تنها متغیر خروجی ۹۲/۵ درصد برآورد گردید.

از شبکه بیزی و شبکه عصبی بررسی شده می‌توان در هر سیستم دیگری بدون توجه به نحوه پیاده‌سازی موتور استنتاج جهت ارتباط مدل خبره‌ی مبتنی بر قانون با مدل‌های دانشجو و آموزش بهره برد. این دو شبکه پی‌درپی را می‌توان جهت ارتقای کیفی در کنار سیستم مدیریت آموزشی که دانش آن با قانون نمایش داده شود نیز بکار برد.

کلمات کلیدی: سیستم آموزش هوشمند- مدل خبره- شبکه بیزی - شبکه عصبی - پایگاه دانش

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول: مقدمه
۲.....	۱-۱- تعریف مسئله و اهمیت آن.....
۲.....	۲-۱ چالش‌های پیش رو.....
۳.....	۳-۱ اهداف پژوهش.....
۴.....	۴-۱ نوآوری.....
۴.....	۵-۱ ساختار پایان نامه.....
۵.....	فصل دوم: معرفی مدل خبره و مروری بر کارهای پیشین
۶.....	۱-۲ مقدمه.....
۶.....	۲-۲ سیستم آموزش هوشمند.....
۷.....	۳-۲ سیستم آموزش هوشمند اندیز.....
۱۶.....	۴-۲ مدل خبره.....
۱۸.....	۵-۲ انواع دانش.....
۱۸.....	۶-۲ روشهای نمایش دانش.....
۱۹.....	۷-۲ مروری بر کارهای پیشین.....
۲۲.....	فصل سوم: روش شناسی
۲۳.....	۱-۳ مقدمه.....
۲۳.....	۲-۳ مدل خبره.....
۲۳.....	۱-۲-۳ سناریوی آموزشی.....
۳۲.....	۲-۲-۳ سیستم خبره چرا و چگونه.....
۳۳.....	۳-۲-۳ پایگاه دانش.....
۳۸.....	۴-۲-۳ شبیه‌سازی مدل خبره.....

۴۵	ارتباط مدل خبره با مدل دانشجو.....
۴۶	۱-۳-۳ منابع عدم قطعیت.....
۴۷	۲-۳-۳ متغیرهای ورودی.....
۴۸	۳-۳-۳ متغیرهای میانی.....
۴۸	۴-۳-۳ متغیرهای خروجی.....
۴۹	۵-۳-۳ داده آموزشی.....
۴۹	۶-۳-۳ ساختار شبکه بیزی.....
۵۴	۷-۳-۳ شبکه بیزی بدون متغیرهای میانی.....
۵۶	۸-۳-۳ ارزیابی دانش با شبکه بیزی.....
۵۷	۴-۳ ارتباط مدل خبره با مدل آموزش.....
۵۹	۱-۴-۳ متغیرهای ورودی.....
۵۹	۲-۴-۳ متغیر خروجی.....
۵۹	۳-۴-۳ داده آموزشی و تست.....
۵۹	۴-۴-۳ تشکیل شبکه عصبی.....
۶۱	فصل چهارم: نتایج، نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۶۲	۱-۴ مقدمه.....
۶۲	۲-۴ نتایج مدل خبره.....
۶۲	۳-۴ نتایج شبکه بیزی.....
۶۵	۴-۴ نتایج شبکه عصبی.....
۶۵	۵-۴ نتیجه‌گیری.....
۶۷	۶-۴ راهکارهای آینده و پیشنهادات.....
۶۹	مراجع.....
۷۳	فهرست واژگان.....

فهرست جدول ها

- جدول ۳-۱- قوانین پایگاه دانش ۳۴
- جدول ۳-۳- میزان همبستگی و سطح معنی داری متغیرهای ورودی و میانی ۵۰
- جدول ۳-۴- میزان همبستگی و سطح معنی داری متغیرهای میانی و خروجی ۵۱
- جدول ۳-۵- احتمال پیشین متغیرها ۵۴
- جدول ۳-۶- احتمال شرطی متغیر راهنمایی گام ۵ ۵۴
- جدول ۳-۷- میزان همبستگی متغیرهای ورودی و خروجی ۵۵
- جدول ۳-۸- اطلاعات خام دانشجویی جدید ۵۷
- جدول ۳-۹- اطلاعات گسسته‌سازی شده ۵۷
- جدول ۳-۱۰- مقادیر احتمال استنتاج شده شبکه ۵۷

فهرست شکل ها

- شکل ۲-۱- محیط حل مسئله ۹
- شکل ۲-۲- رسم محور مختصات ۱۰
- شکل ۲-۳- ایجاد شیء ۱۱
- شکل ۲-۴- رسم بردار ۱۱
- شکل ۲-۵- تعریف متغیر ۱۲
- شکل ۲-۶- انتساب مقدار به متغیر ۱۲
- شکل ۲-۷- محاسبه مقدار توسط سیستم ۱۳
- شکل ۲-۸- فرستادن پاسخ ۱۴
-
- شکل ۳-۱- گام نخست سناریو ۲۶
- شکل ۳-۲- گام دوم سناریو ۲۷
- شکل ۳-۳- گام سوم سناریو ۲۸
- شکل ۳-۴- گام چهارم سناریو ۲۹
- شکل ۳-۵- گام نخست ۳۱
- شکل ۳-۶- گام دوم ۳۱
- شکل ۳-۷- گام سوم ۳۲
- شکل ۳-۸- گام چهارم ۳۲
- شکل ۳-۹- گام نخست سناریو ۳۵
- شکل ۳-۱۰- گام دوم سناریو ۳۷
- شکل ۳-۱۱- ورود به دانشگاه مجازی ۳۸
- شکل ۳-۱۲- انتخاب درس ۳۹
- شکل ۳-۱۳- جستجو و تقویم ۳۹
- شکل ۳-۱۴- سناریو مورد نظر ۴۰
- شکل ۳-۱۵- گام نخست سناریو در مدل ۴۰

- شکل ۳-۱۶- راهنمایی به دانشجو ۴۱
- شکل ۳-۱۷- راهنمایی دوم به دانشجو ۴۲
- شکل ۳-۱۸- مشاهده روند مسئله ۴۳
- شکل ۳-۱۹- راهنمایی در گام دوم ۴۴
- شکل ۳-۲۰- بازخورد پاسخ درست ۴۵
- شکل ۳-۲۱- ساختار شبکه بیزی پیشنهادی ۵۳
- شکل ۳-۲۲- شبکه بیزی با سه متغیر یادگیری ۵۳
- شکل ۳-۲۳- شبکه بیزی بدون متغیر میانی ۵۶
- شکل ۴-۱- دقت شبکه بیزی با متغیر میانی ۶۳
- شکل ۴-۲- دقت شبکه بیزی بدون متغیر میانی ۶۳
- شکل ۴-۳- شبکه بیزی در اندیز ۶۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- تعریف مسئله و اهمیت آن

امروزه استفاده از سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر برای آموزش رایج است. این سیستم‌ها محدودیت زمان و مکان را برای آموزش از بین برده‌اند. رایج‌ترین سیستم کامپیوتری برای آموزش، سیستم مدیریت آموزش است که در آن معلم دانش را با ابزارهایی مانند متن یا چندرسانه‌ای در اختیار دانشجو قرار می‌دهد و با وی ارتباط برقرار می‌نماید، به عبارت دیگر هدف این سیستم‌ها شبیه‌سازی محیط کلاس است [۷]. آموزش خصوصی بازده بسیار بالاتری نسبت به کلاس‌های رایج دارد، بنابراین در مقابل سیستم مدیریت آموزش، سیستم آموزش هوشمند با هدف آموزش خصوصی بنیان گذاشته شد [۴]. این سیستم دارای قدرت حل مسئله، ارزیابی دانش و مهارت دانشجو و قابلیت انتخاب استراتژی آموزشی است.

در این پژوهش هدف سیستم طراحی شده آموزش روش‌های جستجو است. روش‌های جستجو بخشی از درس هوش مصنوعی هستند که یک دانشجوی کامپیوتر باید بخوبی آنها را فرا گیرد. در این گونه مسائل راهبرد "یادگیری با حل مسئله" باعث درک عمیق دانشجو از مسئله و روش حل آن خواهد شد [۵]. بیشتر روش‌های جستجو از یک سری قوانین با توجه به گره‌های پیموده شده برای ادامه جستجو استفاده می‌نمایند. در این پژوهش سیستم آموزش هوشمندی را بررسی خواهیم نمود که تلاش می‌نماید روش جستجوی اول سطح را به عنوان نماینده روش‌های جستجو به دانشجو آموزش دهد. در این بررسی تاکید بر مدل خبره به عنوان قلب سیستم و ارتباط آن با سایر مدل‌ها خواهد بود. این سیستم می‌تواند بخوبی جایگزین کلاس‌های رایج برای آموزش جستجو باشد، ما را از محدودیت‌های زمان و مکان برای آموزش رها سازد و موجب ارتقای کیفی آموزش شود.

۱-۲ چالش‌های پیش رو

توسعه سیستم آموزش هوشمند از چهار دهه پیش از سوی پژوهشگران این زمینه همواره سنگین ارزیابی شده که پیاده‌سازی سنگین این نوع سیستم به عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل عدم رواج آن برخلاف تاثیر آموزشی شگرف آن بیان شده است [۵]. برخی از چالش‌های پیش رو عبارتند از:

- وجود مسیرهای چندگانه برای رسیدن به جواب یک مسئله
- دشوار بودن شبیه‌سازی استدلال انسان و توضیح آن
- عدم قطعیت در استدلال انسان

- وجود دانش پیش زمینه‌ی متفاوت در دانشجویان
 - امکان وجود دانش نادرست علاوه بر دانش ناکامل در دانشجو
 - عدم قطعیت فزاینده در ارزیابی دانش دانشجو
 - تاثیر حالات روحی دانشجو در فرایند یادگیری و مشکل بودن سنجش آن
 - لزوم انعطاف سیستم در برابر دانشجویان مختلف با دانش پیشین و سرعت یادگیری متفاوت
 - لزوم فراهم نمودن بازخوردهای متفاوت به کاربران متفاوت
- چون انسان موجودی خلاق و متفکر است، آموزش وی نیز همواره با دشواری‌های زیادی روبرو بوده است، بنابراین علاوه بر موارد بالا، محیط پویای آموزش هوشمند همواره با چالش‌های غیر قابل پیش بینی جدیدی روبرو است که مشکلات موجود را دو چندان می‌کند.

۳-۱ اهداف پژوهش

- پژوهش در زمینه توسعه سیستم آموزش هوشمند می‌تواند به ایجاد بستری برای رواج سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر در آموزش به ویژه در ایران کمک نماید. در ادامه به برخی از اهداف پژوهش اشاره خواهد شد.
- ارتقای کیفیت آموزش با استفاده از سیستم آموزش هوشمند که آموزش خصوصی را شبیه‌سازی می‌نماید.
 - از بین بردن محدودیت زمان و مکان برای آموزش
 - پایین آوردن هزینه آموزش
 - پایین آوردن هزینه توسعه سیستم آموزش هوشمند با شبیه سازی مدل خبره آن و بررسی تاثیرات آموزشی آن
 - بالا بردن دقت ارزیابی دانش دانشجو در حین کار با سیستم که موجب اتخاذ استراتژی بهتر آموزشی در مدل آموزش خواهد شد.
 - ارائه راهکارهایی برای ارزیابی دانش دانشجو و انتخاب راهنمایی در سیستم‌های مدیریت آموزشی موجود مانند دانشگاه مجازی سیستان و بلوچستان و ارتقای کیفی آموزش در این سیستم‌ها با هزینه پایین

۴-۱ نوآوری

- شبیه‌سازی مدل خبره سیستم آموزش هوشمند بر روی یک سیستم مدیریت آموزش برای آموزش روش جستجوی اول سطح.
- استفاده از یک شبکه بیزی مستقل از نحوه پیاده‌سازی موتور استنتاج مدل خبره و مبتنی بر داده آموزشی برای ارزیابی میزان درک دانشجو از هر قانون پایگاه دانش با قابلیت استفاده در سیستم آموزش هوشمند و نیز مدل خبره شبیه‌سازی شده با یک سیستم مدیریت آموزش.
- استفاده از متغیر میانی در شبکه بیزی ارزیاب دانش دانشجو برای افزایش دقت شبکه و آسان‌سازی گردآوری داده آموزشی.
- استفاده از شبکه عصبی برای انتخاب راهنمایی مناسب در طول حل مسئله توسط دانشجو با توجه به ارزیابی شبکه بیزی از دانش وی با قابلیت پیاده‌سازی روی مدل خبره شبیه‌سازی شده با یک سیستم مدیریت آموزش.

۵-۱ ساختار پایان نامه

در بخش‌های پیشین این فصل کلیات پژوهش پیش رو بیان شد. در فصل دو مدل خبره‌ی سیستم آموزش هوشمند معرفی می‌شود و کارهای پیشین مرور کوتاهی خواهد شد. در فصل سوم روش پژوهش مورد بررسی قرار خواهد گرفت، فصل چهارم نتایج و نتیجه‌گیری پژوهش را ارائه می‌دهد و در انتها پیوستها و منابع پژوهش خواهد آمد.

فصل دوم

معرفی مدل خبره و مروری بر کارهای پیشین

۱-۲ مقدمه

از چهار دهه پیش آموزش با استفاده از کامپیوتر مورد توجه قرار گرفت و امروزه استفاده از سیستم‌های آموزشی مبتنی بر کامپیوتر رایج است. اما انسان می‌خواهد سیستمی بسازد که بجای مدرس عمل کند و بطور هوشمند فرآیند تدریس را به‌طور کامل انجام دهد. چون تحقیقات نشان داده است آموزش خصوصی که با گرفتن بازخورد همراه باشد بسیار موثرتر از روش کلاسی رایج است، پژوهشگران ایجاد سیستمی که بتواند فرآیند آموزش خصوصی انجام دهد را هدف گرفتند. این فصل نخست سیستم آموزش هوشمند را معرفی می‌نماید. پس از آن یک سیستم آموزش هوشمند برای نمونه بررسی خواهد شد. سپس مدل خبره‌ی سیستم آموزش هوشمند به عنوان قلب سیستم مورد بررسی قرار خواهد گرفت. به فراخور تمرکز بر مدل خبره، انواع دانش و روش‌های نمایش آن در ادامه فصل خواهد آمد و در نهایت کارهای پیشین در رابطه با سیستم‌های آموزش هوشمند، مدل خبره‌ی آنها و ارتباط آن با بقیه مدل‌ها مرور خواهد شد.

۲-۲ سیستم آموزش هوشمند

سیستم آموزش هوشمند تلاش می‌نماید یک موضوع را با فراهم نمودن راهنمایی و پشتیبانی‌های مشابه معلم انسان به دانشجو آموزش دهد. بنابراین سیستم آموزش هوشمند یک سیستم آموزش مبتنی بر کامپیوتر است، اما پژوهشگران از عبارت سیستم آموزش هوشمند برای سیستم‌های آموزشی استفاده می‌نمایند که دارای مدل‌های خبره، دانشجو و آموزش باشد. به بیان دیگر سیستم آموزش هوشمند تلاش می‌نماید اعمال کاربر را پیگیری کرده، مدلی از دانش، مهارت و تخصص کاربر بسازد و بر اساس آن یکی از استراتژی‌های آموزشی (شرح، اشاره، مثال دیگر، مسئله دیگر) را انتخاب می‌کند [۱۸]. نکته شایان ذکر شخصی بودن آموزش در سیستم‌های هوشمند است. بنابراین دو کاربر مختلف بازخوردهای مختلفی از سیستم خواهند گرفت و سیستم در برابر روش‌های مختلف حل انعطاف‌پذیر است [۳۲ و ۲۴].

مدل خبره شامل دانش دامنه مورد آموزش و همچنین دارای قابلیت حل مسئله با استدلالی شبیه به انسان در دامنه مورد نظر است تا سیستم را قادر سازد ارزیابی مناسبی از عملکرد دانشجو به‌نگام حل مسئله در مقایسه با حل درست داشته باشد. مدل دانشجو سطح دانش، مهارت و تخصص دانشجو را مدل می‌کند و در نهایت مدل آموزش تعیین می‌کند چه زمان و چگونه بازخوردهای آموزشی به دانشجو داده شود [۱۹]. بنابراین

پژوهش در زمینه سیستم آموزش هوشمند مطالعه و بررسی طیف وسیعی از تکنیک‌های موجود در علم هوش مصنوعی را می‌طلبد.

۲-۳ سیستم آموزش هوشمند اندیز

سیستم اندیز به آموزش فیزیک پایه بطور آنلاین می‌پردازد. ایده اصلی این سیستم ایجاد محیط حل مسئله با شبیه‌سازی قلم و کاغذ برای دانشجو است. استفاده از سیستم اندیز نشان می‌دهد یادگیری دانشجو تنها با پشتیبانی در حل مسائل تکلیف بطور موثری افزایش می‌یابد. اگر چه اندیز یک سیستم آموزش هوشمند نامیده می‌شود، در حقیقت این سیستم تنها جایگزین قلم و کاغذ در حل مسائل تکلیف خانه است. دانشجویان مانند قبل کتاب درسی را مطالعه می‌کنند، سر کلاس می‌روند، به آزمایشگاه رفته و مسائل را حل می‌نمایند. پنج سال تجربه در آکادمی نوال آمریکا نشان می‌دهد اندیز یادگیری دانشجویان را افزایش چشمگیری داده است. در حالی که در بیشتر سیستم‌های آموزش هوشمند دانشجو تنها پاسخ نهایی مسئله را وارد می‌نماید، در اندیز دانشجو می‌تواند همه حل خود را بنگارد که ممکن است شامل گام‌های گوناگون، ترسیم بردار، رسم محور مختصات، تعریف متغیرها و نوشتن معادلات باشد. سیستم پس از هر گام یک بازخورد فوری خواهد داشت. هرگاه دانشجو در مراحل حل مسئله تقاضای کمک نماید، سیستم اشاره‌ای به بخش نادرست حل و یا چگونگی برداشتن گام بعدی خواهد داشت. بنابراین واحد حل مسئله در اندیز برخلاف دیگر سیستم‌های آموزش هوشمند یک گام از حل است.

پروژه اندیز از یک دفتر در مدیریت تحقیقات نوال کلید خورد، جایی که علاقه‌ای که برای آموزش با استفاده از فناوری هوش مصنوعی ایجاد شد. این علاقه در طول زمان به ایجاد و ترکیب چندین سیستم منجر شد. نخستین سیستم کسکید^۱ بود. سیستم کسکید یک مدل ادراکی از حل مسائل فیزیک و یادگیری است. این سیستم می‌تواند یکی از بخش‌های کلیدی یک سیستم آموزش هوشمند باشد؛ یک تحلیل وظیفه ادراکی به شکل قوانین بسیار ریز و دقیق که قابلیت حل بسیاری از مسائل فیزیک را با راه درست یا نادرست را دارد. به عبارت دیگر سیستم می‌تواند حتی استدلال اشتباه برای حل داشته باشد. سیستم دیگر الی^۲ که روی مدل ادراکی کسکید ساخته شده است یک سیستم ارزیابی آنلاین است که دو بخش مهم دیگر را فراهم می‌نماید، یک واسط کاربری گرافیکی و یک ماژول مدل‌سازی دانشجو.

¹ Cascade

² Olae

برای تبدیل اجزای فوق به یک سیستم آموزش هوشمند باید دو قابلیت مهم بازخورد و راهنمایی فراهم شود. نخستین نسخه، اندیز ۱، بر اساس تکنیک مدل‌سازی دانشجوی الی پایه‌گذاری شد. این تکنیک از شبکه‌های بیزی برای استنتاج احتمال میزان فهم هر قانون استفاده می‌نماید. بر این اساس یک قانون در دو حالت طبقه‌بندی خواهد شد، فهمیده شده یا برعکس. این سیستم اسامی دانشجویان را ذخیره نموده و با انجام هر عمل توسط دانشجو احتمال فهمیدن قوانین مربوطه افزایش خواهد یافت. همچنین با انجام ندادن اعمالی که احتمال فهمیدن را افزایش می‌دهد، این احتمال کاهش خواهد یافت. شبکه بیزی بخوبی این محاسبات احتمالی را انجام می‌دهد. این سیستم نخستین سیستم آموزش هوشمندی بود که از شبکه بیزی به این منظور استفاده نمود و همچنین از نخستین سیستم‌هایی بود که در سطح گسترده از این تکنیک استفاده موثری نمود. پس از آن برای آموزش خود وصفی نیز از شبکه بیزی به منظور ارزیابی میزان فهم هر قانون با مشاهده خطوطی که توسط دانشجو در یک مسئله حل شده خوانده شده استفاده شد. سیستم اندیز ۱ دو بار توسط آکادمی ارزیابی شد که ارزیابی دوم نتایج تشویق‌کننده‌ای داشت. در این ارزیابی میانگین نمره پس‌آزمون دانشجویانی که با اندیز تکالیف خود را انجام داده بودند تقریباً دارای یک انحراف معیار بالاتر از میانگین نمره دانشجویانی که تکالیف خود را با کاغذ و قلم انجام داده بودند، بود. مطالعات بسیاری روی دلیل اثربخشی بالای اندیز ۱ انجام شد. نکته مهم در اینجا بود که مدل‌سازی دانشجو با استفاده از شبکه بیزی منبع قدرت اندیز ۱ نبود؛ هر چند شبکه بیزی یک ارزیابی دقیق از میزان فهم دانشجویان داشت، اما این ارزیابی برای بقیه سیستم استفاده واقعی نمی‌شد. اغلب سیستم‌های آموزش هوشمند از ارزیابی دانشجو برای انتخاب مسئله بعدی یا تعیین میزان آمادگی دانشجو برای رفتن به سطح بعدی استفاده می‌کند، اما در اندیز معلم از دانشجویان می‌خواهد مسائل تعیین شده‌ای را حل کنند بنابراین اندیز نیازی به انتخاب مسائل یا تصمیم‌گیری در رابطه با آمادگی دانشجو برای رفتن به سطح بعدی ندارد. همچنین مطالعات نشان داد که راهنمایی‌هایی که انجام می‌شود دارای نقایصی است. برای تبدیل سیستم راهنمایی به یک سیستم ساده و روان، شبکه بیزی از جنبه‌های غیر احتمالی ماژول مدل‌سازی دانشجو حذف شد. همچنین از دو الگوریتم ریاضی جدید برای تسهیل و محاسبه روان‌تر سیستم استفاده شد. در اندیز ۲ علاوه بر این تغییرات یک نمایش جدید و دقیق‌تر نیز بکار گرفته شد.

محیط یادگیری در اندیز

محیط یادگیری اندیز، یک محیط گرافیکی است که در آن صورت مسئله به همراه تصویر احتمالی نمایش داده شده و دارای امکاناتی است که کاغذ و قلم را برای حل مسئله شبیه‌سازی می‌نماید. بخشی بزرگی از صفحه خالی است که برای دانشجو محیطی جهت تحلیل کیفی مسئله قبل از حل کمی آن فراهم می‌آورد. دانشجو از ابزارهای ترسیم سمت چپ صفحه برای وارد کردن اشیاء مانند بردار نیرو، بردار حرکت (سرعت و شتاب)، محورهای مختصات، زاویه بین بردارها و محورها و شعاع مسیر دایره‌ای استفاده می‌نماید. برای بررسی امکانات و همچنین نحوه بازخورددهی و راهنمایی سیستم در ادامه حل یک مسئله با اندیز خواهد آمد. در شکل ۱-۲ صورت مسئله آمده است.

The screenshot shows a physics problem interface. The main area contains the text: "A swimmer wishes to reach a swimming float which is 200 m away and 35.0 deg west of north. Find the x and y component of the swimmer's total displacement when she reaches the float." Below this, there are input fields for "x component: Answer:" and "y component: Answer:". A diagram shows a vector of length 200 m pointing 35 degrees west of a vertical dashed line labeled "north". The horizontal axis is labeled "X". The "Tutor" area on the right shows "Score: 0%" and instructions: "To define the x & y coordinates, click on the Axis Tool, drag out a horizontal axis: and hit 'Enter.'" It also features a coordinate system with a vertical y-axis and a horizontal x-axis, and a "Hint" button at the bottom right.

شکل ۱-۲- محیط حل مسئله

همان‌طور که در شکل دیده می‌شود در سمت چپ ابزارها برای ترسیم وجود دارد. در سمت راست صفحه دانشجو می‌تواند نمره خود را که هر لحظه ممکن است تغییر کند مشاهده کند و نیز در صورت نیاز به راهنمایی از این قسمت استفاده کند. برای نمونه در اینجا نحوه رسم دستگاه مختصات در سمت راست مشاهده