https://dorl.net/dor/20.1001.1.24235261.1397.11.1.4.5

مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی
دوره ۱۱، شماره ۱ (پیاپی ۲۰)، بهار و تابستان ۱۳۹۷، ۱۰۸-۸۳

Journal of Management and Planning in Educational Systems 2018, Vol. 11 (1), 83-108

استفاده از داده کاوی آموزشی جهت گروه‌بندی یادگیرندگان در محیط یادگیری الکترونیکی به منظور شخصی سازی برنامه آموزش

Using Educational Data Mining for Grouping Learners in an E-Learning Environment for Customizing Learning Program

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۵/۱۲؛ **دریافت نسخه نهایی:** ۱۳۹۵/۱۰/۱۸؛ **پذیرش مقاله:** ۱۳۹۶/۲/۱۱

محمود دی پیر[۱] و احمد رابو[۲]

چکیده: سامانه‌های آموزشی شخصی‌سازی شده برای یادگیرندگان کارآیی بیشتری نسبت به سامانه‌های سنتی دارند. یادگیری الکترونیکی نیز از این قاعده مستثنا نیست و یکی از ملزومات آن وجود مکانیزمی شخصی‌شده برای کمک به یادگیری مؤثر یادگیرنده است. در سال‌های اخیر از روش‌های داده‌کاوی به‌طور گسترده در زمینه‌ی بهبود کیفیت آموزش استفاده شده است. با استفاده از روش‌های داده‌کاوی می‌توان شناخت بیشتری از یادگیرندگان در محیط یادگیری الکترونیکی بدست آورده و از آن در جهت دستیابی به یادگیری تطبیقی استفاده کرد. در این مقاله مدلی به منظور گروه‌بندی یادگیرندگان براساس سبک یادگیری آن ها ارائه شده است. به این ترتیب که ابتدا با استفاده از پرسشنامه فلدر-سولومون ابعاد مختلف سبک یادگیری یادگیرندگان در قالب مدل فلدر-سیلورمن سنجیده و سپس با استفاده از الگوریتم k میانگین به گروه‌بندی آن‌ها پرداخته شده است. در نهایت مدل ارائه شده به‌منظور برنامه‌ریزی بهتر آموزشی، در دوره‌ای واقعی مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل شده نشان از کارآیی مدل پیشنهادی دارند. در واقع، یادگیرندگان با استفاده از مدل پیشنهادی به موفقیت تحصیلی بالاتری دست یافتند و هم چنین دوره‌ی برگزار شده از جذابیت بیشتری برخوردار شد.

کلید واژه‌ها: یادگیری الکترونیکی، داده کاوی آموزشی، سبک یادگیری، الگوریتم k میانگین.

M. Deypir (Ph.D.) & A. Raboo (MA)

Abstract: Customized learning systems have higher performance in comparison to traditional systems for learners. This is also true for electronic learning (E-learning). It is essential to have such customized mechanism for effective learning process. Recently, educational data mining methods are widely used in order to enhance the learning process. In fact, by using data mining techniques, it is possible to recognize learners and create a customized learning program in a better way. In this paper, a new model to cluster learners based on their learning style has been proposed. In this model, for learners, using Felder-Solomon questionnaire different dimensions of Felder and Silverman learning style are measured. Subsequently, using k-means clustering algorithm, the learners are categorized in different groups. In order to evaluate the model, it has been used and evaluated in a real learning program. Evaluation results show the effectiveness of the proposed model since the learners showed better educational performance. Moreover, the training process became more exciting for them.

Key words: e-learning, educational data mining, learning style, k-means algorithm

۱. نویسنده مسئول: استادیار، دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری.
mdeypir@ssau.ac.ir.

۲. احمد رابو، کارشناسی ارشد کامپیوتر- نرم‌افزار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس.
ahmadraboo@gmail.com

مقدمه

در آموزش یاددهنده-محور، محتوای دوره‌های آموزشی از قبل ایجاد و سپس در اختیار مخاطبان (یادگیرندگان) قرار می‌گیرد. لیکن بدیهی است که دوره‌ی آموزشی باید با توجه به نیازها و خصوصیات یادگیرنده طراحی شود. یاددهندگان (معلمان و استادان) معمولاً به‌طور ذهنی دریافته اند که تدریس خوب دارای چه ویژگی‌هایی است و با توجه به تجربه و حوزه‌ی دانش خود مفاد آموزشی را ایجاد کرده و در شبکه قرار می‌دهند. به همین دلیل بسیاری از یادگیرندگان نمی توانند درس‌های متناسب با خود را در وب پیدا کنند. سامانه‌های یادگیری تطبیقی، جایگزینی را برای رویکرد قدیمی «یکی برای همه مناسب است» فراهم آورده و آموزش و یادگیری را به سمت محیطی پویا سوق می‌دهد. یکی از مسائل مهم در نظام‌های یادگیری الکترونیکی، شناسایی نیاز، رفتار آموزشی، سرعت یادگیری یادگیرنده و طراحی برنامهٔ آموزشی[1] متناسب با توانایی‌های کاربر و ارائه توصیه‌های مناسب برای اوست که مدنظر داشتن این موارد منجر به افزایش کیفیت آموزش و خدمات در این نظام‌ها می‌گردد. تحقیقات نشان داده است که افزایش کیفیت آموزش در سامانه‌های یادگیری الکترونیکی سبب افزایش رضایتمندی یادگیرندگان می‌شود (رسولی و پهلوانی‌نژاد، ۱۳۹۴). یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های شخصی‌سازی در محیط یادگیری الکترونیکی توجه به سبک یادگیری[2] یادگیرنده است. سبک یادگیری روشی است که افراد اطلاعات و تجربیات تازه را در ذهن خود سازمان‌دهی و پردازش می‌کنند. به عبارت دیگر، سبک یادگیری معرّف باورها، اولویت‌ها و رفتارهای ترجیحی در شیوه‌ی تعامل با یاددهنده، سایر یادگیرندگان و محتوای درس و هم‌چنین نحوه‌ی پردازش اطلاعات، پاسخ‌دهی و استفاده از محرک‌های موجود در زمینه‌ی یادگیری، تمایل فرد به یادگیری و انطباق او با محیط که با عواملی هم‌چون اضطراب، انگیزش و شخصیت در ارتباط بوده و یادگیرنده به‌منظور یادگیری در یک موقعیت معین به کار می‌برد، است (گرف[3]، کینشوک[4]،۲۰۰۶). نظریه‌ها و مدل‌های متفاوتی از سبک‌های یادگیری ارائه شده است. از معروف‌ترین سبک‌های یادگیری ایجاد شده می‌توان به سبک یادگیری وارک (لیته[5] و همکاران، ۲۰۱۰)، مدل کلب[6] و همکاران (۲۰۰۱)، سبک یادگیری فلدر و سیلورمن[7](۱۹۸۸) و ابزار تسلط مغزی هرمان[8] (فلدر و برنت[9]، ۲۰۰۵) اشاره کرد. در این تحقیق از مدل فلدر و

1. Curriculum
2. Learning style
3. Graf
4. Kinshuk
5. Leite
6. Kolb
7. Felder and Silverman learning style model (FSLSM)
8. Herrmann Brain Dominance Instrument (HBDI)
9. Brent

سیلورمن استفاده شده است. این سبک، یادگیری یادگیرنده را به‌طور عمیقی توصیف می‌کند و یکی از مناسب‌ترین مدل‌ها برای سامانه‌های یادگیری تطبیقی است (کارور[1] و همکاران، ۱۹۹۹).

یکی دیگر از مواردی که در تحقیقات مختلف در سال‌های اخیر به‌منظور شخصی‌سازی محیط یادگیری الکترونیکی مورد استفاده قرار گرفته است داده‌کاوی می‌باشد. به‌طور کلی در سال‌های اخیر استفاده از داده کاوی برای بهبود فرآیند برنامه‌ریزی و انجام آموزش اهمیت زیادی پیدا کرده است (بوسبیا[2] و بلأمری[3]،۲۰۱۴). رومرو[4] و همکارانش در سال ۲۰۰۸ مروری بر کارهای انجام شده در یادگیری الکترونیکی با استفاده از داده‌کاوی انجام دادند. در این تحقیق چارچوبی برای محققین آتی این حوزه به‌منظور کاربرد انواع روش‌های داده‌کاوی از جمله خوشه‌بندی[5]، دسته‌بندی، و قوانین انجمنی ایجاد شده است. هم‌چنین این تحقیق گام به گام روش استفاده از داده‌کاوی در یادگیری الکترونیکی را شرح داده است. یوانویچ[6] و همکاران (۲۰۱۲) از الگوریتم‌های خوشه‌بندی به‌منظور گروه‌بندی یادگیرندگان براساس سبک شناختی آن‌ها در محیط یادگیری الکترونیکی استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق برای یاددهندگان، یادگیرندگان و فعالان در حوزه‌ی یادگیری قابل استفاده است. به این صورت که براساس پیش‌بینی عملکرد یادگیرندگان به آن‌ها دوره‌های مناسبی ارائه می‌شود و هم‌چنین با استفاده از شناسایی سبک شناختی یادگیرندگان مفاد یادگیری متناسب با آن‌ها به آن‌ها پیشنهاد می‌شود. چانگ[7] و همکاران (۲۰۰۹) دسته‌بندی یادگیرندگان براساس سبک یادگیری به کمک الگوریتم نزدیک ترین همسایه بهبود یافته را ارائه دادند. گام اول برای پیاده‌سازی این نوع آموزش، تشخیص سبک یادگیری یادگیرندگان در محیط یادگیری الکترونیکی است. در این مقاله برای دسته‌بندی و تعیین سبک یادگیری، از روشی بر مبنای ترکیب دسته‌بندی k نزدیک‌ترین همسایه[8] (k-NN) استفاده شده است (چانگ و همکاران، ۲۰۰۹). پنا-ایالا[9] (۲۰۱۴) بسیاری از روش ها و الگوریتم های ارائه شده و پیشرفت‌های اخیر در زمینه داده کاوی آموزشی[10] را بررسی و دسته بندی کرده است. برای انجام این بررسی از روش‌های داده کاوی بر روی مستندات گردآوری شده این حوزه، استفاده شده است.

هدف ما در این تحقیق شخصی‌سازی فرآیند آموزش با استفاده از داده کاوی به‌منظور بهبود کیفیت آموزش است. یعنی به همه‌ی یادگیرندگان آموزش یکسانی ارائه ندهیم بلکه با توجه به

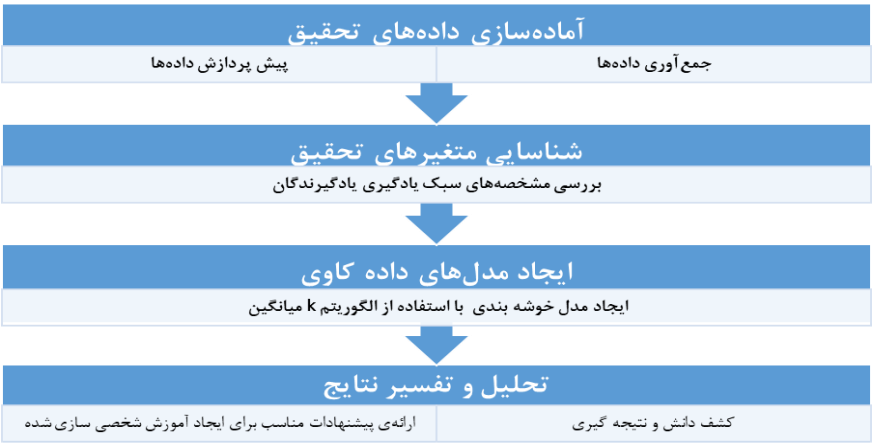
1. Carver
2. Bousbia
3. Belamri
4. Romero
5. Clustering
6. Jovanovic
7. Chang
8. k-Nearest Neighbor
9. Peña-Ayala
10. Educational Data Mining

ویژگی‌های فردی آن‌ها و سبک یادگیری که دارند، آموزش را برای آن‌ها شخصی‌سازی کنیم. در این تحقیق مدلی جدید به‌منظور خوشه‌بندی یادگیرندگان بر مبنای سبک یادگیری ارائه شده است. به این ترتیب که از سبک یادگیری فلدر-سیلورمن به همراه الگوریتم خوشه‌بندی k میانگین استفاده شده است. ادامه‌ی مقاله به این صورت سازماندهی می‌شود. در بخش ۲ مدل پیشنهادی تحقیق و مراحل مختلف آن تبیین می‌شود. در بخش ۳ مدل پیشنهادی اعتبارسنجی شده و میزان تأثیر آن بر بهبود آموزش الکترونیکی ارزیابی می‌گردد. در پایان و در بخش ۴ مقاله جمع بندی و نتیجه‌گیری می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

در این بخش مدل مفهومی ایجاد شده برای حل مسأله‌ی تحقیق تشریح می‌شود. شکل ۱ مدل ایجاد شده در این تحقیق را نشان می‌دهد که در ادامه به شرح هر یک از مراحل این مدل پرداخته خواهد شد. در این مدل از داده کاوی آموزشی[1] استفاده شده است. این روش عبارت است از به کارگیری فنون داده کاوی بر روی داده‌های خام ذخیره شده در سیستم‌های آموزشی به‌منظور بدست آوردن الگوهایی برای کمک به فرآیند برنامه‌ریزی و شخصی‌سازی آموزش. مدل پیشنهادی بر محوریت روش خوشه‌بندی بنا نهاده شده است. به عبارت دیگر می‌خواهیم یادگیرندگان را گروه‌بندی کنیم زیرا ارائه آموزش‌ها و تولید محتوای آموزش الکترونیکی برای هر یادگیرنده به‌طور مجزا به‌دلیل محدودیت استاد و هزینه‌های تولید محتوا، عملاً امکان‌پذیر نیست. به این ترتیب برای هر گروه یا خوشه آموزش‌هایی، سبک یادگیری خاص آن‌ها می‌بایست ارائه شود. برای مشخص کردن سبک یادگیری نیاز به متغیرها یا ابعادی داریم که بیان‌کننده ویژگی‌های یادگیری هر فرد باشد. با استفاده از این متغیرها باید داده‌های لازم را از یادگیرندگان جمع‌آوری کنیم چون انجام خوشه‌بندی و ایجاد مدل داده کاوی نیازمند مقادیر این متغیرها به ازاء هر یادگیرنده است. خوشبختانه گردآوری داده‌های ساخت‌یافته مورد استفاده در داده کاوی در سامانه‌های آموزش الکترونیکی ساده‌تر از آموزش سنتی است.

1. Educational Data Mining



شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق

برای انجام خوشه‌بندی، از الگوریتم معروف k میانگین استفاده کرده‌ایم. اگرچه استفاده از سایر الگوریتم‌های خوشه‌بندی نیز امکان‌پذیر است اما این الگوریتم کارآیی خوبی داشته و در بسیاری از ابزارهای داده کاوی پشتیبانی می‌شود. پس از انجام خوشه‌بندی ما نیاز به تحلیل و تفسیر نتایج داریم تا مشخص کنیم چه عواملی در هر گروه یا خوشه از یادگیرندگان، در جداسازی آن‌ها از سایر افراد مؤثر بوده است. به این ترتیب می‌توانیم آموزش‌های خاصی را برای هر گروه ارائه کنیم که منطبق با سبک یادگیری آن‌ها باشد. مثلاً ممکن است خوشه‌ای از یادگیرندگان نیاز به فعالیت گروهی داشته باشند زیرا تمایل به تنهایی اندیشیدن ندارند و یا برای خوشه‌ای دیگر به کارگیری مثال‌های زیاد تأثیر گذار باشد. به این ترتیب می‌توان فرآیند آموزش را برای هر خوشه یا گروه، شخصی‌سازی کرده و بازدهی آموزش الکترونیکی را افزایش داد.

۲-۱ آماده‌سازی داده‌های تحقیق و شناسایی متغیرها

در این تحقیق از داده‌های یادگیرندگان دوره‌ای مجازی استفاده شده است. این داده‌ها مربوط به سبک یادگیری یادگیرندگان دوره‌ی مجازی کاربری رایانه ICDL در یک مؤسسه آموزشی هستند. به‌منظور بررسی سبک یادگیری از مدل فلدر و سیلورمن استفاده کرده‌ایم. این مدل سبک‌های یادگیری را به کمک ابعاد مختلف بیان می‌کند. چهار بعد مهم این مدل، عبارت‌اند از ادراک[1]، ورودی[2] (درون‌داد)، پردازش[3] و فهم[4]. این ابعاد به ترتیب با پرسش‌هایی قابل توصیف هستند. ادراک می‌گوید "یادگیرنده چه نوع اطلاعاتی را ترجیح می‌دهد؟"، ورودی بیان می‌کند

1. Perception
2. Input
3. Processing
4. Understanding

که "اطلاعات بیرونی از طریق چه کانالی موثرتر دریافت می‌شوند؟"، بعد پردازش پاسخ این سؤال است که "یادگیرنده ترجیح می‌دهد اطلاعات را چگونه پردازش کند؟"، در بعد فهم به دنبال این هستیم که "یادگیرنده چگونه به یافته‌ها می‌رسد؟". مقادیر هر بعد، نوع اطلاعاتی که یادگیرنده ترجیح می‌دهد دریافت کند و روش دریافت آن‌ها را مشخص می‌کنند (کانینن، ۲۰۰۹). این مدل برای ایجاد تمایز بین اولویت‌های یادگیرندگان، سبک‌های مختلف یادگیری را به کمک توصیف‌گرهایی بیان می‌کند. چهار توصیف‌گر مهم و مستقل این مدل عبارت‌اند از: یادگیرنده حسّی- شهودی، بصری (دیداری)-شفاهی (کلامی)، فعّال- متفکّر و ترتیبی- کلّی (شیافینو و همکاران، ۲۰۰۸). یادگیرندگان فعال ترجیح می‌دهند دربارهٔ اطلاعات با دیگران بحث کنند و اطلاعات را برای آن‌ها توضیح دهند، این امرکمک می‌کند اطلاعات را بهتر بفهمند و درک کنند و به کار گروهی علاقه‌مندند. یادگیرندهٔ تأمّلی ابتدا با آرامش دربارهٔ اطلاعات فکر می‌کند و به کارهای فردی علاقه مند است. یادگیرنده حسّی به یادگیری از طریق واقعیت‌ها و حل مسائل از روش‌های کاملاً واضح تمایل دارد، به جزئیات اهمیت می‌دهد و در انجام کارهای آزمایشگاهی خوب عمل می‌کند. در مقابل، یادگیرندگان شهودی تمایل به کشف روابط و امکانات تمایل دارند، از تکرار متنفرند و ابداع را دوست دارند و در یادگیری امور انتزاعی و فرمول‌های ریاضی بهتر عمل می‌کنند. یادگیرندهٔ حسّی در مقایسه با یادگیرنده شهودی عملی‌تر و دقیق‌تر است و اگر به نحوهٔ ارتباط اطلاعات با جهان واقعی پی ببرد، می‌تواند اطلاعات را به خوبی بفهمد و به یاد آورد. یادگیرندهٔ حسّی به درس‌هایی که با جهان واقعی ارتباط آشکاری ندارد، علاقه‌ای ندارد. یادگیرندگان متوالی به درک مطالب و حل مسائل در مراحلی منظم تمایل دارند، مراحلی که هر یک منطقاً مرحلهٔ پیشین را دنبال می‌کند ولی یادگیرندهٔ کلی پرش‌های بزرگ را در یادگیری ترجیح می‌دهد و مطالب را تصادفی و بدون توجه به روابط آن‌ها جذب و سپس به‌طور ناگهانی درک می‌کند. چه بسا یادگیرندگان کلی مسائل پیچیده را سریعاً حل کنند و وقتی تصویر کلی را متوجه شدند، اجزاء را به روش جدیدی کنار هم قرار دهند، امّا توضیح چگونگی انجام کار برای شان مشکل است. یادگیرندهٔ متوالی ممکن است نتواند مطالب را تا زمانی که منطقاً به هم مرتبط نساخته کاملاً درک کند و از طرفی فردی که به شدّت کلی است و تفکر متوالی خوبی ندارد ممکن است تا زمانی که به تصویری کلی دست پیدا نکرده، مشکلات جدّی داشته باشد، حتی وقتی به تصویری کلی هم دست یافت، چه بسا در مورد جزئیات مطلب گیج شود. فلدر و سولومان[1] براساس ابعاد سبک یادگیری فلدر و سیلورمن، پرسشنامه‌ای حاوی ۴۴ سؤال طراحی

1. Felder & Solomon

کردند (شیافینو[1] و همکاران، ۲۰۰۸). شماره‌ی پرسش‌های مرتبط با هر یک از این ابعاد و نیز مفهوم انتخاب هر گزینه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. شماره‌ی پرسش‌های مرتبط با هر بعد از سبک یادگیری در پرسشنامه فلدر و سولومان و مفهوم انتخاب هر گزینه

بُعد	مقادیر	شماره سوالات
ادراک	حسی – شهودی	۱،۵،۹،۱۳،۱۷،۲۱،۲۵،۲۹،۳۳،۳۷،۴۱
ورودی	بصری – سمعی	۲،۶،۱۰،۱۴،۱۸،۲۲،۲۶،۳۰،۳۴،۳۸،۴۲
پردازش	فعال – تأملی	۳،۷،۱۱،۱۵،۱۹،۲۳،۲۷،۳۱،۳۵،۳۹،۴۳
فهم	کل‌نگر – ترتیبی	۴،۸،۱۲،۱۶،۲۰،۲۴،۲۸،۳۲،۳۶،۴۰،۴۴

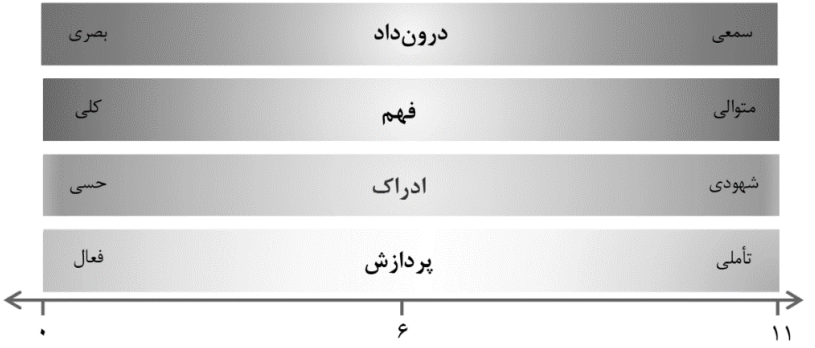
در این جدول نام هر بعد و توصیف‌گرهای مربوط به هر بعد مشخص شده‌اند. علاوه بر این شماره پرسش‌هایی که در پرسشنامه فلدر و سولومان به هر بعد می‌پردازند، مشخص شده است. انتخاب دوره کاربری رایانه به این دلیل است که در این دوره مطالب در شکل‌های مختلف برای آموزش وجود دارند و مقادیر توصیف‌گر ابعاد مختلف پرسشنامه را نیز پوشش می‌دهند. پرسشنامه تدوین شده در قالب یک فرم الکترونیکی متصل به پایگاه داده، بر روی سامانه مدیریت یادگیری مؤسسه قرار داده شده تا گردآوری اطلاعات و پردازش آن‌ها ساده‌تر صورت پذیرد. فرم مذکور با زبان PHP طراحی شده است و اطلاعات افراد را در پایگاه داده MySQL ذخیره می کند.

اطلاعات گردآوری شده شامل ۶۵ یادگیرنده در بازه سنی ۱۹ تا ۳۴ سال با میانگین سنی ۲۴ سال و انحراف معیار استاندارد ۳/۴۱ می‌باشد. بردار هر دانشجو شامل ۴۴ مشخصه با مقادیر صفر یا یک است که هر مشخصه بیانگر پاسخ وی به یک پرسش می‌باشد که در ادامه بیشتر به این مشخصه‌ها پرداخته خواهد شد. همان‌طور که در بخش دوم بیان شد پرسشنامه فلدر-سولومون دارای ۴۴ پرسش می‌باشد که در آن برای هر یک از ابعاد سبک یادگیری فلدر-سیلورمن ۱۱ پرسش در نظر گرفته شده است. با توجه به انتخاب گزینه‌های «الف» یا «ب» برای هر سوال، دو سبک یادگیری که از نظر مفهومی با یکدیگر متضادند مورد سنجش قرار می‌گیرند. مثلاً در بعد دریافت، گزینه «الف» سبک یادگیری حسی و گزینه «ب» سبک یادگیری شهودی را نشان می‌دهد.

در این مقاله، برای هر یک از ابعاد سبک یادگیری فلدر-سیلورمن یک مشخصه برای داده‌های تحقیق در نظر گرفته شده است. به این ترتیب هر مشخصه در بازه‌ای مشخص قرار دارد. در واقع

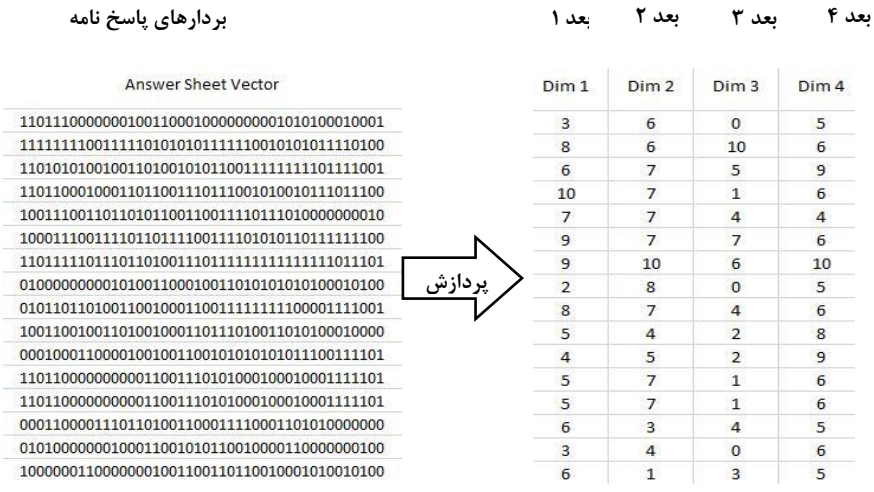
1. Schiaffino

هر یک از ابعاد سبک یادگیری در طیفی از اعداد ۰ تا ۱۱ قرار می‌گیرند که این دو عدد در دو سر طیف نشانه تضاد در آن بعد از سبک یادگیری می‌باشند. شکل ۲ این طیف و مفهوم اعداد موجود در آن را برای هر یک از ابعاد نشان می‌دهد.



شکل ۲. طیف و مفهوم عددی ابعاد سبک یادگیری

نتایج حاصل از پرسشنامه‌ی فلدر-سولومون برای هر یادگیرنده به صورت بردارهایی دودویی با ۴۴ عنصر می‌باشد. به‌منظور حاصل شدن مشخصه‌های مورد نظر در این تحقیق به پردازش این بردارها پرداخته شده است. به این صورت که عناصر مربوط به یک بُعد از سبک یادگیری با یکدیگر جمع شده‌اند و مقدار عددی مربوط به آن بعد را تشکیل داده‌اند. به این ترتیب مشخصه‌های مورد نیاز برای گروه‌بندی یادگیرندگان حاصل شده است. شکل ۳ نحوه پیش‌پردازش داده‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳. پیش‌پردازش بردار پاسخ یادگیرندگان و تبدیل به ابعاد سبک یادگیری

هر سطر در بخش سمت چپ شکل بالا معادل یک پرسشنامه پر شده است. از آنجایی که پاسخنامه به صورت دو گزینه‌ای طراحی شده است، هر پاسخنامه تبدیل به یک بردار دودویی می شود. باتوجه به اینکه پرسش‌ها مربوط به چهار بعد مشخص شده در جدول ۱ می‌شوند، با جمع کردن اعداد مربوط به پاسخ به پرسش‌های هر بعد، بخش سمت راست حاصل می‌شود. بنابراین مقدار اعداد حاصل برای هر یادگیرنده رفتار وی را از نظر سبک یادگیری نشان می‌دهد. این داده‌ها ورودی مدل داده کاوی ما هستند که به‌منظور گروهبندی یادگیرندگان به کار می‌روند.

۲-۲- ایجاد مدل داده کاوی

در مرحله ایجاد مدل داده کاوی، یادگیرندگان خوشه‌بندی (گروه‌بندی) می‌شوند. در گروه‌بندی بایستی مدل خوشه‌بندی برای یادگیرندگان با توجه به داده‌های به دست آمده در مورد ابعاد سبک یادگیری آن‌ها اجرا و نتایج حاصل از این مدل برای پاسخ به سوالات تحقیق مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. برای خوشه‌بندی روش‌های مختلفی از جمله k-means, k-means ++, SOM و سلسله مراتبی وجود دارد. به دلیل کاربرد زیاد سرعت و دقت بالای الگوریتم k-means، از این روش برای کشف الگو از میان داده‌ها استفاده شده است. برای این الگوریتم شکل‌های مختلفی بیان شده است. ولی همهٔ آن‌ها دارای روالی تکراری هستند که برای تعدادی ثابت از خوشه‌ها سعی در تخمین موارد زیر دارند:

به‌دست آوردن نقاطی به عنوان مراکز خوشه‌ها این نقاط در واقع همان میانگین نقاط متعلق به هر خوشه هستند. نسبت دادن هر نمونه داده به یک خوشه که آن داده کمترین فاصله تا مرکز آن خوشه را دارا باشد. در این روش ابتدا به تعداد خوشه‌های مورد نیاز نقاطی به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. سپس در داده‌ها با توجه با میزان نزدیکی (شباهت) به یکی از این خوشه‌ها نسبت داده می‌شوند و بدین ترتیب خوشه‌های جدیدی حاصل می‌شود. با تکرار همین روال می‌توان در هر تکرار با میانگین‌گیری از داده‌ها مراکز جدیدی برای آن‌ها محاسبه کرد و مجدداً داده‌ها را به خوشه‌های جدید نسبت داد. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که دیگر تغییری در داده‌ها حاصل نشود. تابع زیر به عنوان تابع هدف مطرح است.

$$J = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{n} \left\| x_i^{(j)} - c_j \right\|^2 \qquad (۱)$$

که $\| \ \|$ معیار فاصله بین نقاط و $x_i^{(j)}$ مرکز خوشهٔ jام است.

الگوریتم زیر الگوریتم پایه برای این روش محسوب می‌شود:

i. در ابتدا K نقطه به عنوان به نقاط مراکز خوشه‌ها انتخاب می‌شوند.
ii. هر نمونه داده به خوشه‌ای که مرکز آن خوشه کمترین فاصله تا آن داده را داراست، نسبت داده می‌شود.
iii. پس تعلق تمام داده‌ها به یکی از خوشه‌ها برای هر خوشه یک نقطه جدید به‌عنوان مرکز محاسبه می‌شود. (میانگین نقاط متعلق به هر خوشه)
iv. مراحل ii و iii تکرار می‌شوند تا زمانی که دیگر هیچ تغییری در مراکز خوشه‌ها حاصل نشود.

خوشه‌بندی k-means از طریق نسخه جدید نرم‌افزار داده کاوی کلمنتاین[1] (IBM SPSS Modeler) پیاده‌سازی شده است. ارزیابی خوشه‌بندی به دو روش بیرونی و درونی انجام می‌شود. در ارزیابی بیرونی نتایج خوشه‌بندی با دسته‌بندی از پیش موجود مثلاً نظر خبرگان مقایسه می شود. از آنجا که اغلب از قبل دسته‌ای برای این داده‌ها شناخته شده نیست، این روش به ندرت به کار می‌رود. ارزیابی درونی براساس مقایسه درجه تمایز بین گروه‌های تشکیل شده و شباهت اعضای درون خوشه کار می کند. به بیان دیگر همه متدهای خوشه بندی تلاش می‌کنند داده ها را به نحوی خوشه‌بندی کنند تا تفاوت‌های بین خوشه‌ای در مقایسه با تفاوت‌های درون خوشه‌ای تا حد امکان بزرگ باشد. یکی از معیارهای متداول در ارزیابی خوشه‌بندی سیلوئت[2] است. برای محاسبه‌ی این شاخص سه گام زیر بایستی طی شوند:

i. برای عنصر iام میانگین فاصله‌ی عنصر با تمام عناصر دیگر موجود در همان خوشه محاسبه می‌شود. این فاصله را a_i می‌نامیم.
ii. برای عنصر iام و برای تمام خوشه‌های دیگری که شامل آن عنصر نیستند، میانگین فواصل عنصر مزبور از اعضای خوشه‌ها محاسبه می‌شود. کمترین مقدار از بین این فواصل را در نظر گرفته و آن را b_i می‌نامیم.
iii. برای عنصر iام، ضریب سیلوئت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$s_i = \frac{(b_i - a_i)}{\max(a_i, b_i)} \qquad (۲)$$

این ضریب مقداری بین ۱- تا ۱+ دارد. مقدار منفی آن به معنای شرایطی است که در آن میانگین فاصله یک عنصر از عناصر دیگر در خوشه خود در مقایسه با همین فاصله از خوشه‌ای دیگر بزرگ‌تر است. از این رو این مقدار نامطلوب می‌باشد. بهترین میزان این ضریب نیز ۱+ و

1. Clementine
2. Silhouette

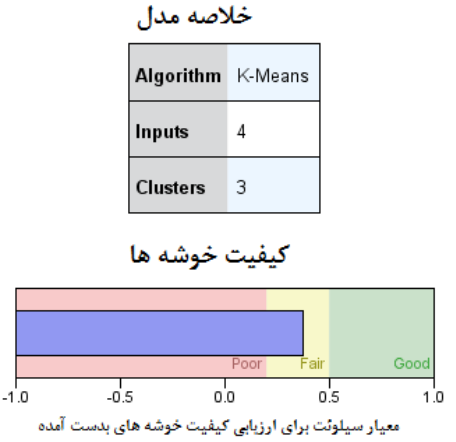
زمانی است که a_i نزدیک به صفر باشد. مقدار این ضریب برای یک خوشه برابر با میانگین ضریب اعضای آن خوشه است. از این ضریب در بسیاری موارد به‌عنوان معیاری برای مقایسه تکنیک‌های مختلف خوشه‌بندی و نیز یافتن تعداد بهینه‌ی خوشه‌ها استفاده می‌شود.

از آنجایی که روش خوشه‌بندی k-Means، قادر به تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها نیست، از معیار سیلوئت برای این منظور استفاده شده است. به این صورت که تعداد خوشه‌های مختلف و ممکن برای داده‌های تحقیق در نظر گرفته شده است و با اجرا کردن مدل برای هر یک میزان معیار سیلوئت حاصل شده است و تعداد خوشه‌ی با بیشترین مقدار سیلوئت به‌عنوان تعداد خوشه‌ی بهینه در نظر گرفته شده است. جدول ۲ مقدار معیار سیلوئت را برای تعداد خوشه‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقادیر معیار سیلوئت برای تعداد خوشه‌های مختلف

تعداد خوشه (K)	۲	۳	۴	۵
سیلوئت	۰,۳۸	۰,۴۱	۰,۳۷	۰,۳۸

همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌کنید، برای تعداد خوشه ۳ مقدار سیلوئت بیشتری نسبت به سایر تعداد خوشه‌ها به دست آمده است. این مسئله نشان می‌دهد که تعداد خوشه ۳ بهترین حالت گروه‌بندی بدست آمده برای یادگیرندگان است. چون با کم کردن یا افزایش تعداد خوشه‌ها نسبت به عدد ۳، مقدار سیلوئت کم می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که تعداد ۳ عدد بهینه برای تعداد خوشه‌ها یا گروه‌های یادگیرندگان است. هم‌چنین شکل ۴ خلاصه‌ای از اطلاعات مدل k-Means ساخته شده با تعداد خوشه بهینه ۳ را نشان می‌دهد.



شکل ۴. خلاصه‌ای از اطلاعات مدل K-means ساخته شده با تعداد خوشه بهینه ۳

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، مقدار بدست آمده از معیار سیلوئت نسبتاً خوب (بیش از ۰,۴) و در منطقه عادلانه (میان ۰,۲ و ۰,۵) قرار دارد.

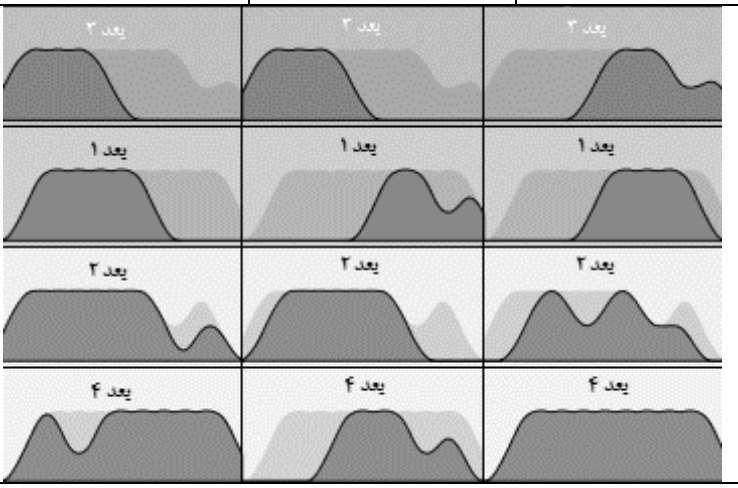
یافته‌های پژوهش

برای شناخت بهتر ویژگی‌های هر خوشه و نحوه خوشه‌بندی دانش‌آموزان خلاصه‌ای از مشخصات خوشه‌های بدست آمده در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان اهمیت ابعاد از بالا به پایین کم می‌شود. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، الگوریتم K-means داده‌ها را به سه خوشه تقسیم‌بندی نموده است که هر یک خصوصیات خاصی دارا هستند. در این جدول اندازه هر خوشه و میزان اهمیت متغیرها (ابعاد) در چگونگی خوشه‌بندی نشان داده شده است. در مجموع این الگوریتم ابعاد پردازش و ادراک را به ترتیب با نرخ "۱" و " ۰,۶۹" مهم‌ترین متغیرها در بخش‌بندی یادگیرندگان در نظر گرفته است. توزیع داده‌ها در خوشه‌های به ترتیب در خوشه‌های اول، سوم و دوم ۴۷/۷٪، ۲۷/۷٪ و ۲۴/۶٪ می‌باشد. جدول ۳ جزئیات محتوای هر یک از خوشه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳. میزان اهمیت متغیرها و درصد توزیع داده‌ها در خوشه‌ها

خوشه	خوشه ۱	خوشه ۳	خوشه ۲
اندازه	(۳۱)٪۴۷,۷	(۱۸)٪۲۷,۷	(۱۶)٪۲۴,۶
ورودی‌ها	بعد ۳ (۱,۵۲)	بعد ۳ (۲,۷۸)	بعد ۳ (۷,۱۹)
	بعد ۱ (۳,۶۵)	بعد ۱ (۷,۰۶)	بعد ۱ (۶,۶۳)
	بعد ۲ (۵,۱۹)	بعد ۲ (۴,۶۱)	بعد ۲ (۵,۹۴)
	بعد ۴ (۵,۷۴)	بعد ۴ (۵,۷۲)	بعد ۴ (۵,۷۵)

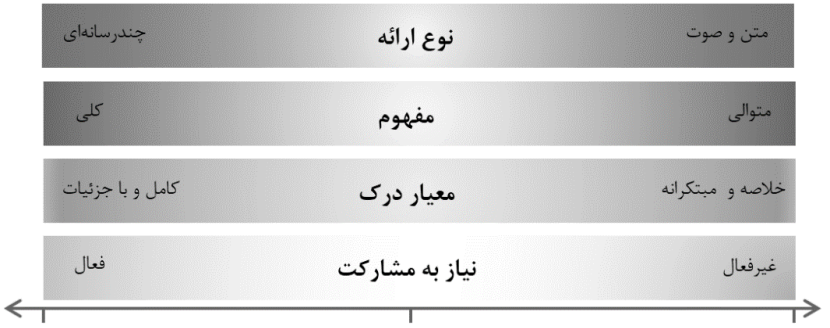
در این جدول اندازه هر خوشه در سطر دوم نشان داده شده است. در سطور بعدی ورودی‌های خوشه‌بندی یعنی مقدار ابعاد یادگیری برای هر خوشه مشخص شده‌اند. به بیان دقیق‌تر ابعاد و میزان تأثیرگذاری آن‌ها در بدست آمدن هر خوشه از بالا به پایین مرتب شده‌اند. ما از میزان اهمیت ابعاد برای انجام خوشه‌بندی یادگیرندگان به‌منظور شخصی‌سازی آموزش استفاده کرده‌ایم. شکل ۵ یک نمایش گرافیکی برای توزیع تأثیرگذاری هر بعد در بدست آمدن خوشه‌ها را ارائه می‌دهد.

خوشه	خوشه ۱	خوشه ۳	خوشه ۲
اندازه	(۳۱)٪۴۷,۷	(۱۸)٪۲۷,۷	(۱۶)٪۲۴,۶
ورودی‌ها			

شکل ۵. جزئیات مشخصات خوشه‌های بدست آمده

همانطور که در جدول ۳ و شکل ۵ مشهود است الگوریتم k میانگین دو بعد از چهار بعد سبک یادگیری را در بین یادگیرندگان مهم‌تر تلقی کرده است. به همین دلیل گروه‌های ایجاد شده در ابعاد ۳ و ۱ از لحاظ مقدار میانگین با یکدیگر تفاوت معناداری دارند اما در دو بعد ۲ و ۴ تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود. بنابراین با توجه به این دو بعد به تحلیل گروه‌ها پرداخته خواهد شد.

حال با توجه به خوشه‌های ایجاد شده به تحلیل سبک یادگیری هر یک از گروه‌ها پرداخته خواهد شد. به این ترتیب با مشخص شدن تمایل هر یک از گروه‌ها در ابعاد مختلف سبک یادگیری، درس‌های متناسب با آن‌ها برای ارائه مشخص خواهد شد. به این صورت اثربخشی آموزش بالا می‌رود و یادگیرندگان با سبک‌های یادگیری متفاوت در سه گروه درس‌های متناسب با سبک یادگیری خود را دریافت می‌کنند. درس‌های مورد نظر برای سبک‌های یادگیری مختلف باید مشخصاتی متناسب با ابعاد سبک یادگیری داشته باشند. شکل زیر طیفی همانند آنچه برای ابعاد سبک یادگیری رسم شد، برای درس‌های متناسب با ابعاد نشان می‌دهد.



شکل ۶. طیف درس‌های متناسب با ابعاد سبک یادگیری

در ادامه به تفکیک به هر یک از گروه‌های ایجاد شده پرداخته می‌شود و سبک یادگیری هر یک از آنها تحلیل می‌شود تا درس‌های متناسب با آن‌ها ارائه شود:

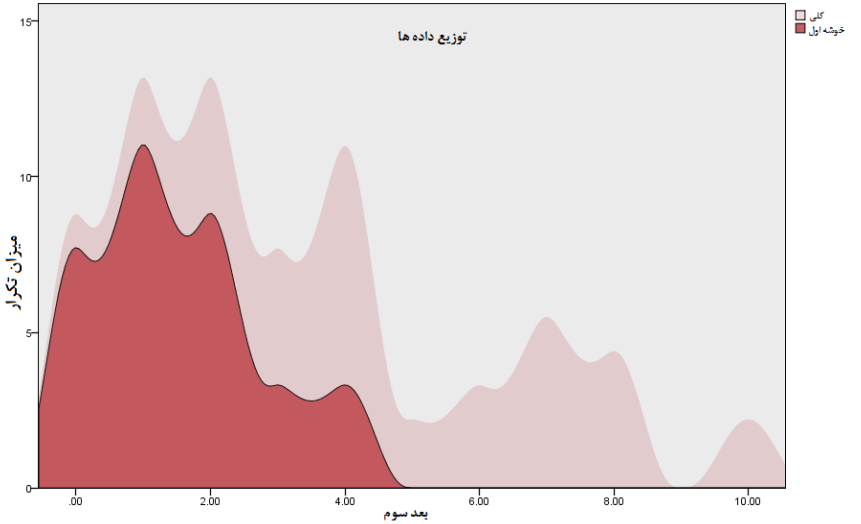
گروه اول

جدول ۴ درصد تجمع یادگیرندگان با ابعاد مختلف را در گروه اول نشان می‌دهد. در این جدول میانگین بدست آمده برای هر بعد برای گروه اول یادگیرندگان نشان داده شده است. هر چه مقدار میانگین یک بعد به صفر نزدیک باشد، نشان‌دهنده ضعف یا عدم تمایل یادگیرندگان خوشه اول به این بعد از یادگیری است.

جدول ۴. درصد ابعاد مختلف سبک یادگیری در گروه (خوشه) اول

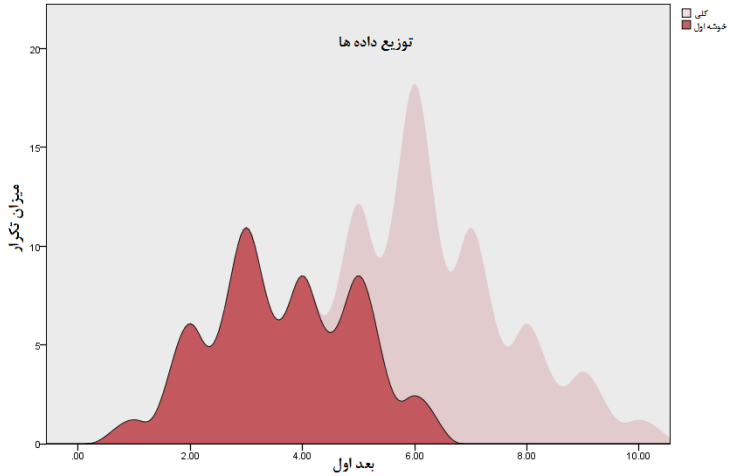
بعد چهارم	بعد دوم	بعد اول	بعد سوم	درصد کل
۵,۷۴	۵,۱۹	۳,۶۵	۱,۵۲	٪۴۷,۷ (۳۱)

همانطور که در جدول ۴ مشهود است میانگین مقدار بُعد سوم سبک یادگیری فلدر-سیلورمن که همان بُعد پردازش می‌باشد ۱/۵۲ می‌باشد. این بدان معناست که سبک یادگیری یادگیرندکان در این گروه کاملاً به سمت درس‌های نیاز به فعالیت گروهی می‌باشد. در واقع یادگیرندگان این گروه تمایل دارند با یکدیگر به تعامل بپردازند و با این طریق به دانش خود بیفزایند. با توجه به این که میانگین این بُعد کاملاً به سمت عدد صفر نزدیک است می‌توان به‌طور قطع این نتیجه را گرفت که یادگیرندگان این گروه هیچ علاقه‌ای به تنهایی اندیشیدن و تفکر در مورد موضوع یادگیری به شکل منفرد ندارند. شکل ۷ نمودار این بعد را در گروه اول نشان می‌دهد.



شکل ۷. پراکندگی گروه اول از نظر بُعد سوم

بُعد دیگری که الگوریتم آن را مهم تلقی کرده است، بُعد اول یا همان ادراک می‌باشد. میانگین گروه اول در این بُعد ۳/۶۵ می‌باشد. این عدد در طیف ابعاد یادگیری زیر عدد ۶ قرار می‌گیرد و به صفر نزدیک‌تر است. این بدان معناست که یادگیرندگان گروه اول دارای سبک یادگیری حسّی می‌باشند که این بدین معناست که یادگیرندگان این گروه تمایل به درس‌هایی دارند که دارای مثال‌های متعدد می‌باشد. یعنی درس‌های ارائه شده به این گروه حدالامکان باید ملموس باشند تا یادگیرندگان راحت‌تر و مؤثرتر بتوانند آنها را فراگیرند. نمودار شکل ۸ پراکندگی مربوط به این بُعد را در گروه نخست نشان می‌دهد.



شکل ۸. پراکندگی گروه اول از نظر بُعد اول

در نتیجه درس‌های ارائه شده به این گروه باید نیاز به مشارکت بیشتری داشته باشند. هم چنین از مثال‌های بیشتری نسبت به درس‌های دیگر بهره ببرند تا برای یادگیرندگان ملموس شوند.

گروه دوم

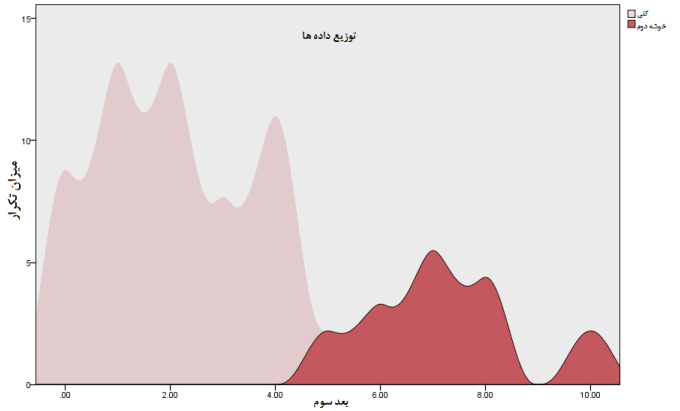
جدول ۵ درصد تجمع یادگیرندگان با ابعاد مختلف را در گروه دوم نشان می‌دهد. در این جدول میانگین بدست آمده برای هر بعد برای گروه دوم یادگیرندگان نشان داده شده است. هر چه مقدار میانگین یک بعد به صفر نزدیک باشد، نشان‌دهنده ضعف یا عدم تمایل یادگیرندگان خوشه دوم به این بعد از یادگیری است.

جدول ۵. درصد ابعاد مختلف سبک یادگیری در گروه (خوشه) دوم

بعد چهارم	بعد دوم	بعد اول	بعد سوم	درصد کل
۵,۷۵	۵,۹۴	۶,۶۳	۷,۱۹	٪۲۴,۶ (۱۶)

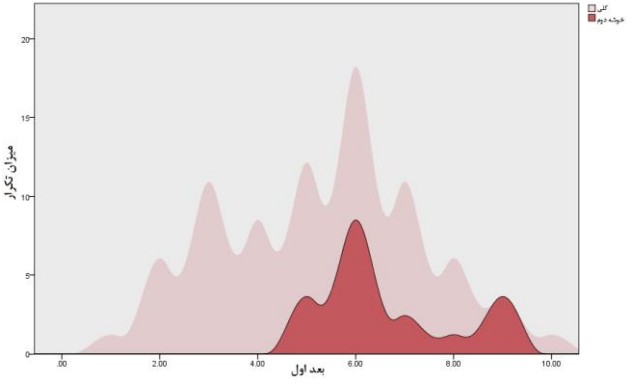
همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود میانگین مقدار بُعد سوم سبک یادگیری فلدر-سیلورمن در گروه دوم ۷/۱۹ می‌باشد. این بدان معناست که سبک یادگیری یادگیرندکان در این گروه از لحاظ تمایل به مشارکت کاملاً خنثی می‌باشد. زیرا میانگین مقدار حاصل شده بسیار به

عدد ۶ نزدیک است. در نتیجه درس‌هایی باید به یادگیرندگان این گروه ارائه شود از لحاظ مشارکت در سطح متوسطی قرار داشته باشند و تنها در بعضی مواقع یادگیرندگان را به شرکت در بحث در مورد درس ارائه شده دعوت کند. نمودار شکل ۹ پراکندگی مربوط به این بُعد را در گروه دوم نشان می‌دهد.



شکل ۹. پراکندگی گروه دوم از نظر بُعد سوم

در بُعد اول میانگین این گروه ۶/۶۳ می‌باشد. این عدد در طیف ابعاد یادگیری کاملاً نزدیک به عدد ۶ قرار می‌گیرد. این بدان معناست که یادگیرندگان گروه دوم در این بُعد از سبک یادگیری نیز خنثی می‌باشند و تمایلی به هیچ یک از دو سمت طیف بُعد ادراک ندارند. در نتیجه درس‌های ارائه شده به آن‌ها از لحاظ این بُعد نیز باید کاملاً خنثی باشند و تنها چند مثال را شامل شوند. شکل ۱۰ پراکندگی مربوط به این بُعد را در گروه دوم نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. پراکندگی گروه دوم از نظر بُعد اول

در نتیجه درس‌های ارائه شده به این گروه باید از لحاظ مشارکت و تعداد مثال کاملاً خنثی باشند و به شکل عادی در بعضی مواقع مثال‌هایی ارائه شود و در بعضی اوقات مشارکت در بحث‌ها از یادگیرنده درخواست شود.

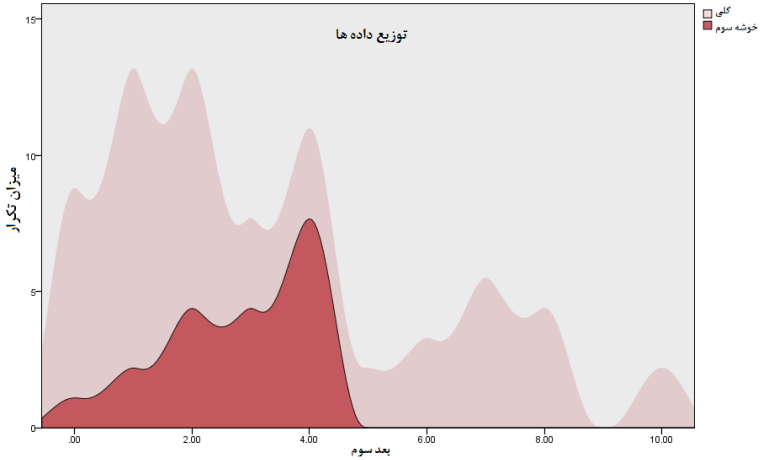
گروه سوم

جدول ۶ درصد تجمع یادگیرندگان با ابعاد مختلف را در گروه سوم نشان می‌دهد. در این جدول میانگین بدست آمده برای هر بعد برای گروه سوم یادگیرندگان نشان داده شده است. هر چه مقدار میانگین یک بعد به صفر نزدیک باشد، نشان‌دهنده ضعف یا عدم تمایل یادگیرندگان خوشه سوم به این بعد از یادگیری است.

جدول ۶. درصد ابعاد مختلف سبک یادگیری در گروه (خوشه) سوم

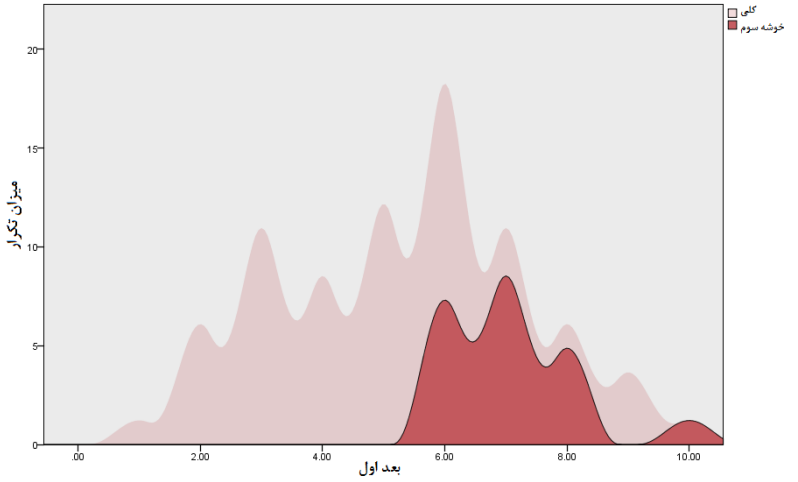
بعد چهارم	بعد دوم	بعد اول	بعد سوم	درصد کل
۵,۷۲	۴,۶۱	۷,۰۶	۲,۷۸	٪۲۷,۷(۱۸)

همانطور که در جدول ۶ مشهود است میانگین مقدار بُعد سوم سبک یادگیری فلدر-سیلورمن که همان بُعد پردازش می‌باشد ۲/۷۸ می‌باشد. این بدان معناست که سبک یادگیری یادگیرندگان در این گروه به سمت درس‌های نیاز به فعالیت گروهی می‌باشد. در واقع یادگیرندگان این گروه تمایل دارند با یکدیگر به تعامل بپردازند. با توجه به این که میانگین این بُعد به سمت عدد صفر نزدیک‌تر است می‌توان این نتیجه را گرفت که یادگیرندگان این گروه علاقه‌ی زیادی به تنهایی اندیشیدن و تفکر در مورد موضوع یادگیری به شکل منفرد ندارند. شکل ۱۱ نمودار این بعد را در گروه سوم نشان می‌دهد.



شکل ۱۱. پراکندگی گروه سوم از نظر بُعد سوم

در بُعد اول میانگین این گروه ۷/۰۶ می‌باشد. این عدد در طیف ابعاد یادگیری به عدد ۶ نزدیک تر است. این بدان معناست که یادگیرندگان گروه سوم در این بُعد از سبک یادگیری تقریباً خنثی می‌باشند و تمایل مشخصی به هیچ یک از دو سمت طیف بُعد ادراک ندارند. در نتیجه درس‌های ارائه شده به آن‌ها از لحاظ این بُعد باید تا حدی خنثی باشند و چند مثال را شامل شوند. نمودار شکل ۱۲ پراکندگی مربوط به این بُعد را در گروه سوم نشان می‌دهد.



شکل ۱۲. پراکندگی گروه سوم از نظر بُعد اول

در نتیجه درس‌های ارائه شده به این گروه باید از لحاظ مشارکت در سطح بالا و از نظر تعداد مثال کاملاً خنثی باشند و به شکل عادی در بعضی مواقع مثال‌هایی ارائه شود و مشارکت بیشتری در بحث‌ها از یادگیرنده درخواست شود.

با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته بر روی تأثیر ابعاد مختلف بر گروه‌های بدست آمده از مدل داده کاوی، نوع درس‌هایی که به هر یک از این گروه‌ها باید ارائه شود، مشخص شد. جدول ۷ نتایج این تحلیل را با توجه به توصیفگرهای هر بعد به طور خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۷. خلاصه‌ای از نتایج تحلیل گروه‌ها

گروه	تعداد افراد	نوع درس	
		پردازش	ادراک
اول	۳۱	بسیار فعال	بسیار حسی
دوم	۱۶	کاملاً خنثی	کاملاً خنثی
سوم	۱۸	فعال	خنثی

همانطور که از این جدول مشخص است گروه اول که بیشترین تعداد یادگیرندگان ما را دارد از نظر پردازش در سطحی بالا بوده و از نظر اداراکی بسیار حسی هستند. گروه دوم از هر دو نظر، متوسط هستند و گروه سوم از نظر پردازشی به نسبت ادراکی در وضعیت بهتری قرار دارند. با توجه به پیشنهادهای ذکر شده، با هر گروه باید از نظر به کارگیری مثال‌ها و میزان مشارکت در مطالب و بحث‌های کلاسی، برخورد متفاوتی از جانب یاد دهنده صورت گیرد تا بازدهی فرآیند آموزش برای آن گروه بیشتر شود.

اعتبارسنجی مدل پیشنهادی

به‌منظور ارزیابی مدل پیشنهادی به پیاده‌سازی عملی آن و مقایسه با حالت سنتی پرداخته شده است. به این صورت که یادگیرندگان به‌طور موازی در دو گروه در نظر گرفته شدند و درس‌هایی عادی به همه‌ی آن‌ها ارائه شد. گروه اول شامل ۵۵ نفر می‌باشد. به‌منظور مقایسه نتایج آن با نتایج مدل پیشنهادی، گروه دوم شامل ۶۵ نفر است که خود طبق مدل پیشنهادی در سه گروه تقسیم شدند. در واقع برای گروه اول شامل ۵۵ نفر، بدون خوشه‌بندی و بدون توجه به سبک یادگیری، یک نوع آموزش داده می‌شود. اما در دسته دوم با توجه به مدل پیشنهادی، یادگیرندگان به سه گروه تقسیم می‌شوند و به هر گروه آموزش تطبیقی متناسب با سبک یادگیری آن‌ها، داده می‌شود. برای نمونه، گروه‌بندی ده نفر از یادگیرندگان مدل پیشنهادی در

جدول ۸ آمده است. در این جدول برای هر یادگیرنده، مقادیر ابعاد سبک یادگیری بدست آمده از روی پاسخنامه وی و شماره خوشه یا گروه، مشخص شده است. سایر یادگیرندگان نیز به همین صورت توسط نرم افزار، خوشه‌بندی شده‌اند. با استفاده از این اطلاعات نفرات هر گروه مشخص شده و درس‌های متناسب با سبک یادگیری آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۸. گروه‌های تعیین شده برای تعدادی از یادگیرندگان

شماره یادگیرنده	بعد ۱	بعد ۲	بعد ۳	بعد ۴	شماره خوشه
۱	۳	۶	۰	۵	خوشه ۱
۲	۸	۶	۱۰	۶	خوشه ۲
۳	۶	۷	۵	۹	خوشه ۲
۴	۱۰	۷	۱	۶	خوشه ۳
۵	۷	۷	۴	۴	خوشه ۳
۶	۹	۷	۷	۶	خوشه ۲
۷	۹	۱۰	۶	۱۰	خوشه ۲
۸	۲	۸	۰	۵	خوشه ۱
۹	۸	۷	۴	۶	خوشه ۳
۱۰	۵	۴	۲	۸	خوشه ۱

برای ارزیابی میزان تأثیر استفاده از مدل پیشنهادی در دوره‌ی برگزار شده، از معیارهای «موفقیت تحصیلی» و «زمان حضور در سامانه» استفاده شده است که در ادامه به هر یک از آن ها پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که گروه اول شامل یادگیرندگانی است که طبق روال معمول مؤسسه دوره آموزش الکترونیکی را طی کرده‌اند و یادگیرندگان گروه دوم از مدل پیشنهادی تحقیق بهره برده‌اند.

۳-۱- موفقیت تحصیلی

در هر یک از گروه‌ها در پایان دوره، آزمون جامع ۴۰ پرسشی برای ارزیابی به یادگیرندگان ارائه شد. هدف از این آزمون سنجش میزان موفقیت تحصیلی یادگیرندگان در گروه‌های مذکور می‌باشد. منظور از موفقیت تحصیلی مقدار نمره‌ای است که یادگیرندگان هر گروه در آزمون جامع دریافت کرده‌اند. یعنی در این معیار فرض شده است که هرچه مقدار نمره بیشتر باشد، موفقیت بیشتر است. لازم به یادآوری است که در اینجا گروه اول آموزش یکسانی دیده‌اند و گروه دوم با استفاده مدل پیشنهادی آموزش دیده‌اند. میانگین و انحراف استاندارد نمرات گروه‌های مختلف در جدول ۹ آمده است. در این جدول، هدف نشان دادن تأثیر شخصی‌سازی آموزش بر

موفقیت تحصیلی با توجه به مدل پیشنهادی است. در این جدول میانگین و انحراف استاندارد هر گروه محاسبه شده است. برای بررسی و مقایسه تأثیر مدل پیشنهادی از تحلیل واریانس یک‌طرفه[1] (Subhashini and Arumugam, 1981) استفاده و میزان تفاوت بین نتایج گروه‌ها در جدول ۹ بررسی شده است.

جدول ۹. میانگین و انحراف استاندارد نمرات گروه‌ها

	گروه اول	گروه دوم
تعداد یادگیرندگان	۵۵	۶۵
میانگین نمرات	۲۲/۴	۲۵/۸
انحراف استاندارد	۹/۴	۸/۲

جدول ۱۰. نتایج تحلیل واریانس نمره‌های نهایی

میزان آماره‌ی F	مقدار P در سطح معناداری ۰/۰۵	وجود تفاوت معنی‌دار
۵/۳	۴/۱۷	بلی

جدول ۱۰ نتایج تحلیل واریانس آزمون نهایی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج در نمره‌های گروه‌های اول با دوم تفاوت معناداری مشاهده می‌شود. بنابراین یادگیرندگانی که در گروه دوم از مدل پیشنهادی بهره برده‌اند موفقیت تحصیلی بیشتری را نسبت به گروه دیگر داشته‌اند و شخصی‌سازی آموزش در موفقیت تحصیلی دانشجویان تأثیر ملموسی داشته است.

۳-۲- زمان حضور در سامانه

یکی از شاخص‌هایی که در صورت موفقیت تحصیلی یادگیرندگان از سامانه می‌تواند نشانه‌ی اثربخشی آن باشد، مدت زمان حضور یادگیرندگان است. زمان بیشتر حضور در سامانه اگر با موفقیت همراه نباشد می‌تواند نشان‌دهنده‌ی بدفهم بودن مطالب ارائه شده و در نتیجه سردرگمی یادگیرندگان باشد. اما زمانی که سامانه موفق به بالا بردن سطح تحصیلی یادگیرندگان شده است، هر قدر که متوسط میزان حضور آن‌ها در سامانه بیشتر باشد، نشان‌دهنده‌ی جذابیت آن دوره و موفقیت سامانه در فراهم آوردن محیطی مناسب برای یادگیری می‌باشد. به این منظور مجموع زمان مفیدی که یادگیرنده با سامانه تعامل داشته محاسبه شده و میانگین مقادیر در هر

1. ANalysis Of Variance (ANOVA)

یک از گروه‌های ذکر شده محاسبه شده است. مقایسه‌ای از میانگین حضور افراد گروه‌های مذکور در جدول ۱۱ آورده شده است. همانطور که از نتایج پیداست به‌طور میانگین یادگیرندگان گروه دوم زمان بیشتری حضور مفید در سامانه را داشته‌اند که با توجه به اثبات شدن موفقیت تحصیلی بیشتر گروه دوم، نشان‌دهنده‌ی این است که استفاده از مدل پیشنهادی باعث افزایش تمایل یادگیرندگان به حضور در سامانه می‌شود.

جدول ۱۱. مقایسه‌ی میانگین زمان حضور یاگیرندگان در سامانه

	کل یادگیرندگان	
	تعداد یادگیرندگان	میانگین (ساعت)
گروه اول	۵۵	۵/۱
گروه دوم	۶۵	۷/۹

به عبارت دیگر شخصی‌سازی آموزش در محیط یادگیری الکترونیکی سبب افزایش علاقه‌مندی یادگیرندگان و در نتیجه افزایش موفقیت تحصیلی آن‌ها شده است.

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از داده کاوی بر روی داده‌های سیستمی، مدلی به‌منظور گروه‌بندی یادگیرندگان براساس سبک یادگیری آن‌ها ارائه شد. به این ترتیب که ابتدا با استفاده از پرسشنامه فلدر-سولومون ابعاد مختلف سبک یادگیری یادگیرندگان سنجیده شد و سپس با استفاده از الگوریتم k میانگین به گروه‌بندی آن‌ها پرداخته شد. در نهایت مدل ارائه شده در دوره‌ای واقعی مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب که یادگیرندگان به دو گروه تقسیم شدند. در گروه اول یادگیرندگان به‌طور عادی همگی به یک صورت از سامانه آموزش مجازی استفاده کردند. اما یادگیرندگان گروه دوم با توجه به مدل پیشنهادی به سه خوشه تقسیم شدند. سپس برای هر خوشه آموزشی تطبیقی و متناسب با سبک یادگیری آن‌ها داده شد. این آموزش تطبیقی با توجه به ابعاد تأثیرگذار در خوشه‌بندی که با تحلیل آماری بدست آمد، داده شد. پس از مقایسه دو گروه نتایج حاصل نشان از کارآیی مدل پیشنهادی دارند زیرا که یادگیرندگان با استفاده از مدل پیشنهادی به موفقیت تحصیلی بالاتری دست یافتند و هم‌چنین دوره‌ی برگزار شده از جذابیت خاصی برخوردار شد. به عبارت دیگر یادگیرندگان با استفاده از مدل پیشنهادی

هم زمان حضور بیشتری در سامانه آموزش مجازی داشتند و هم به نسبت، نمرات بالاتری را کسب کردند. کارآیی مدل پیشنهادی به این دلیل است که وقتی سبک یادگیری در نظر گرفته می‌شود، یادگیرنده تمایل بیشتری به حضور در سامانه دارد و از طرفی نوع آموزش‌های در نظر گرفته شده مطابقت بیشتری با ویژگی‌های ذاتی و شخصیتی وی پیدا می‌کند. بنابراین بازدهی آموزش الکترونیکی بیشتر می‌شود. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که خوشه‌بندی یادگیرندگان با استفاده از سبک یادگیری و با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی در بهبود فرآیند آموزش مؤثر واقع می‌شود البته به شرطی که آموزش متناسب با ویژگی‌های هر خوشه داده شود. هم‌چنین الگوریتم خوشه‌بندی k میانگین می‌تواند یادگیرندگان را با دقت مناسبی براساس سبک یادگیری آن‌ها خوشه‌بندی کند. در برخی از تحقیقات دیگر نیز داده کاوی و به ویژه خوشه‌بندی روی داده‌های آموزشی با رویکردهای متفاوتی به کار گرفته شده است. دات[1] و همکاران (۲۰۱۵) این روش‌ها را جمع‌بندی و مقایسه کرده‌اند. بسیاری از این تحقیقات مربوط به محیط یادگیری الکترونیکی نیستند و سعی در حل دیگر مسائل محیط‌های آموزشی با استفاده از داده‌های متفاوت دارند و با تحقیق ما تفاوت‌های اساسی دارند. به‌عنوان نمونه سالازار و همکاران (۲۰۰۴) با جمع‌آوری داده‌های مربوط به سیگنال‌های مغزی افراد و انجام خوشه‌بندی روی آن‌ها، تلاش کرده‌اند سبک یادگیری افراد را مشخص کنند. به‌عنوان نمونه‌ای دیگر، بوگارین[2] و همکاران (۲۰۱۴) از خوشه‌بندی داده‌های مربوط به ارزیابی دروس، به‌منظور بررسی ارتباط بین موضوعات مختلف، استفاده کرده‌اند. غیر از خوشه‌بندی، از روش‌های دیگر داده کاوی مانند دسته‌بندی[3] به منظور بهبود فرآیند آموزش استفاده شده است. در دسته‌بندی، به‌منظور ایجاد مدل داده کاوی نیاز به داده‌های برچسب دار وجود دارد که با رویکرد ما تفاوت اساسی دارد یعنی سبک یادگیری یادگیرندگان از پیش تعیین شده است و مدل بر روی یادگیرندگان بعدی به کار گرفته می‌شود. به‌عنوان مثال، اوذپولات و آکار[4] (۲۰۰۹) از داده‌های ذخیره شده مربوط به نحوه‌ی استفاده یادگیرندگان از سامانه یادگیری الکترونیکی برای دسته‌بندی آن‌ها از نظر سبک یادگیری آن‌ها استفاده کرده‌اند.

در تحقیق ما، در صورتی که دقت و زمان بیشتری در انتخاب محتوای آموزشی متناسب با هر سبک یادگیری انجام می‌شد، ممکن بود که حتی کارآیی بیشتری هم بدست می‌آمد. با توجه به گستردگی آموزش الکترونیکی در دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی کشور می‌توان انتظار داشت که با بهره‌گیری از مدل پیشنهادی و یکپارچه سازی آن با سامانه‌های آموزش الکترونیکی موجود،

1. Dutt
2. Bogarin
3. Classification
4. Özpolat & Akar

جذابیت بیشتری را برای یادگیرندگان ایجاد کرده و سبب گسترش و به کارگیری مؤثر این نوع آموزش در کشور شویم که خود نتایجی چون کاهش هزینه‌های آموزش را در پی خواهد داشت. جداسازی یادگیرندگان با توجه به سبک یادگیری آن‌ها در آموزش سنتی با محدودیت‌هایی چون تأمین استاد و فضای فیزیکی همراه است حال آنکه در یادگیری الکترونیکی این محدودیت‌ها کمتر است و می‌توان نتایج این تحقیق را در عمل به کار بست. سبک یادگیری تنها یکی از عوامل تأثیرگذار در موفقیت یادگیری الکترونیکی است و عواملی مانند انگیزش، سن، جنس، راهبرد تدریس و شیوه‌های تدریس و طراحی محیط آموزش الکترونیکی نیز مؤثرند که همین عوامل باعث شده تا شاهد آن باشیم که یادگیرندگان در مواقعی بر خلاف سبک یادگیری خود رفتار کنند. بنابراین به‌عنوان کار تحقیقاتی آینده، ارائه مدلی برای در نظر گرفتن این موارد در سامانه‌های آموزش الکترونیکی بسیار مفید به نظر می‌رسد.

منابع

Rasouli, R., & Pahlevaninejad, D.(2016). A Linear Model for Quality Assessment on Learner's Satisfaction in Electronic Learning Bases of Universities with Distance Education System, *Journal of Management and Planning in Educational Systems*, 8 (15), 9-26. (In Farsi).

Graf, S., & Kinshuk, P. (2006). An Approach for Detecting Learning Styles in Learning Management Systems. In Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 161 –163 .

Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. Computers & Education, 51(1), 368-384 .

Jovanovic, M., Vukicevic, M., Milovanovic, M., & Minovic, M. (2012). Using data mining on student behavior and cognitive style data for improving e-learning systems: a case study. International Journal of Computational Intelligence Systems, 5(3), 597-610 .

Chang, Y. C., Kao, W. Y., Chu, C. P., & Chiu, C. H. (2009). A learning style classification mechanism for e-learning. Computers & Education, 53(2), 273-285 .

Peña-Ayala, A. (2014). Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works. Expert systems with applications, 41(4), 1432-1462 .

Yang, Y. J., & Wu, C. (2009). An attribute-based ant colony system for adaptive learning object recommendation. Expert Systems with Applications, 36(2), 3034-3047 .

Leite, W. L., Svinicki, M., & Shi, Y. (2010). Attempted validation of the scores of the VARK: Learning styles inventory with multitrait–multimethod confirmatory factor analysis models. Educational and psychological measurement, 70(2), 323-339 .

Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2001). Experiential learning theory: Previous research and new directions. Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles, 1, 227-247 .

Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. Engineering education, 78(7), 674-681 .

Felder, R. M., & Brent, R. (2005). Understanding student differences. Journal of engineering education, 94(1), 57-72 .

Carver, C. A., Howard, R. A., & Lane, W. D. (1999). Enhancing student learning through hypermedia courseware and incorporation of student learning styles. IEEE transactions on Education, 42(1), 33-38 .

Kanninen, E. (2009). Learning Styles and E-Learning, Master of Science Thesis, Tampere University of Technology. Unpublished master thesis). Retrieved from hlab. ee. tut. fi/video/bme/evicab/astore/delivera/wp4style. pdf.

Schiaffino, S., Garcia, P., & Amandi, A. (2008). eTeacher: Providing personalized assistance to e-learning students. Computers & Education, 51(4), 1744-1754 .

Bousbia, N., & Belamri, I. (2014). Which Contribution Does EDM Provide to Computer-Based Learning Environments?. In Educational data mining (pp. 3-28). Springer International Publishing.

Dutt, A., Aghabozrgi, S., Ismail, M. A. B., & Mahroeian, H. (2015). Clustering algorithms applied in educational data mining. International Journal of Information and Electronics Engineering, 5(2), 112.

Salazar, A., Gosalbez, J., Bosch, I., Miralles, R., & Vergara, L. (2004). A case study of knowledge discovery on academic achievement, student desertion and student retention. In Information Technology: Research and Education, 2004. ITRE 2004. 2nd International Conference on (pp. 150-154). IEEE.

Bogarín, A., Romero, C., Cerezo, R., & Sánchez-Santillán, M. (2014, March). Clustering for improving educational process mining. In Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge (pp. 11-15). ACM.

Özpolat, E., & Akar, G. B. (2009). Automatic detection of learning styles for an e-learning system. Computers & Education, 53(2), 355-367.