صفحات ۱۱۱ - ۱۱۸
نشریه هنرهای زیبا- هنرهای تجسمی دوره ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷

بررسی تأثیر تکنولوژی در دسترس بر نحوه‌ی تفکر طراحان محصول مبتدی و حرفه‌ای با استفاده از روش لینکوگرافی*

بهاره جهانبخش[1**]، **مرتضی پورمحمدی**[2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه طراحی صنعتی، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
[2] عضو هیئت علمی گروه طراحی صنعتی، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۵/۱۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۳/۲۷)

چکیده
مطالعات رفتاری، از رایج‌ترین مطالعات شاخه‌های علوم انسانی هستند که رفتارهای جامعه مورد مطالعه، درشرایط ویژه مشاهده و ضبط می‌شوند. رفتارها، کدگذاری شده و تبدیل به یک زنجیره حرکت می‌شوند که به لحاظ آماری قابل آنالیز هستند. هدف از پژوهش حاضر، افزایش دانش نسبت به طراحان و شناخت ابعاد متفاوت رفتاری آنهاست. دراین مقاله، با انجام طراحی توسط طراحان حرفه‌ای و مبتدی، نحوه تفکرشان دربرخورد با مسائل درشرایط مختلف مورد بررسی قرارگرفت. نمونه آماری، دانشجویان مقطع کارشناسی طراحی صنعتی دانشگاه هنر اسلامی تبریز بودند. ۸ گروه ۲ نفره از دانشجویان سال اول، بعنوان طراحان مبتدی و ۸ گروه ۲ نفره از دانشجویان سال آخر بعنوان حرفه‌ای درنظرگرفته شدند. انتخاب، اتفاقی و با دعوتنامه از سوی محقق صورت پذیرفت. نیمی از طراحان درشرایط پاسخ تکنولوژیک و نیمی دیگر درشرایط غیرتکنولوژیک، به طراحی پرداختند. جلسات طراحی ضبط و با استفاده از روش FBS کدگذاری شدند. آنالیز داده‌ها توسط روش لینکوگرافی و برنامه لینکودر انجام شد. براساس آزمون T، مقدار P در شاخص‌های شناختی بالاتر از ۰،۰۵ بودند. درنتیجه حل مسائل درشرایط مختلف به سطح توانایی های طراحان مرتبط نمی‌باشد. همچنین طراحان حرفه‌ای و مبتدی فارغ از اینکه چه سؤالی به آنها داده شده، از استراتژی واحدی برای حل مسئله استفاده می‌نمایند. همچنین در مکتوب‌نمودن مدارک، تغییر معنادار دارند ($p<0/05$).

واژه‌های کلیدی
تکنولوژی، تفکر طراحان، طراحان صنعت، طراحان مبتدی، طراحان حرفه‌ای، روش لینکوگرافی.

* مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول با عنوان: "بررسی تأثیر تکنولوژی در دسترس بر نحوه‌ی تفکر طراحان محصول مبتدی و حرفه‌ای با استفاده از روش لینکوگرافی" است که در دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنراسلامی تبریز در دست انجام می باشد.
**نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۴۱۶۳۵۴۰۲، نمابر: ۳۵۵۷۹۴۱۹-۰۴۱، E-mail: jahanbakhsh.bahareh@gmail.com.

مقدمه

فرآیند طراحی در مغز اتفاق می‌افتد. درست است که می‌شود طراحان را در هنگام اندیشیدن و کشیدن خطوط مشاهده کرد، اما فرآیند اندیشیدن چیزی نیست که همیشه طراحان عادت به تحلیل و آشکار کردنش داشته باشند. فنون تجربی زیادی وجود دارد که بتوان بر این مشکلات فائق آمد، اما هر کار تجربی درباره طبیعت فرآیند طراحی به نحوی ناقص می‌نماید. با وجود این از روی هم انداختن تمام این تجربیات، تصویری عمومی از شیوه‌ی اندیشیدن طراحان به تدریج در حال ظهور است (لاوسون، ۴۸،۱۳۹۰). در اکثر مدل‌های طراحی، فرض بر این است که طراحی یک فرآیند است تا اینکه مجموعه‌ای از فعالیت‌های مرموز. بدین ترتیب به جهت شناخت طراحی، می‌توان نتیجه را از نظر علمی مورد مطالعه قرار داد (Gero et al., 2011).

نیگل کراس[۱]، یکی از چهره‌های شاخص روش‌شناسی طراحی، این حوزه را شامل سه مرحله می‌داند: تحلیل، ترکیب[۲] و ارزیابی[۳]. در مرحله‌ی تحلیل، مسئله‌ی طراحی تحلیل شده و فهرست نیازمندی‌ها تهیه می‌گردد. در مرحله‌ی ترکیب، چندین راه‌حل طراحی ارائه می‌شود تا امکان انتخاب بهترین راه‌حل وجود داشته باشد. در مرحله‌ی ارزیابی، طرح منتخب بر اساس معیارهای مندرج در فهرست نیازها، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (دووریس، ۱۳۸۹، ۷۳-۶۹). اما نمی‌توان تمامی فرآیندهای طراحی را با این رویکرد منطبق دانست.

پژوهش حاضر در راستای افزایش دانش نسبت به طراحان و شناخت ابعاد متفاوت رفتاری ایشان صورت می‌گیرد. شیوه‌های مختلفی در شناخت طراحان وجود دارد. یکی از این روش‌ها، هستی‌شناسی(FBS)[۴] است. روش مذکور توسط جرو[۵] در سال ۱۹۹۰ پایه‌گذاری شد. این روش در ارزیابی مسئله‌ی طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بسیاری از طرح‌های برنامه‌نویسی منحصراً به منظور بررسی جلسات طراحی توسعه یافته‌اند. این برنامه‌ها در دیدگاه‌های خاصی از فرآیندهای طراحی گسترش یافته‌اند و در شرایط دیگر قابل استفاده نیستند. استفاده از هستی‌شناسی(FBS) در اساس برنامه نویسی، بطور کلی قابل اعمال بوده و به شرایط خاصی بستگی ندارد و در هر جلسه‌ی منحصر به فرد قابل استفاده است (Kan & Gero, 2009). در این پژوهش، میزان کارایی روش (FBS) در حل مسئله‌ی تکنولوژیک و غیرتکنولوژیک دو مجموعه از طراحان حرفه‌ای و مبتدی مورد بررسی قرار گرفت. در پژوهش‌های مشابهی که در سال‌های مختلف توسط جمعی از محققین بر روی دانشجویان صورت گرفته است، دانشجویان سال چهارم یا در واقع سال آخر مقطع کارشناسی، طراحان حرفه‌ای و دانشجویان سال اول مقطع کارشناسی، طراحان مبتدی معرفی شده‌اند (Atman & Chimka, 1999) و (Atman et al., 2005). بدین ترتیب جهت انجام آزمایش طراحی، ۸ گروه ۲ نفره از دانشجویان سال اول مقطع کارشناسی طراحی صنعتی دانشگاه هنر اسلامی تبریز به عنوان نمونه‌ی آماری طراحان مبتدی و ۸ گروه ۲ نفره از دانشجویان سال آخر مقطع کارشناسی به عنوان نمونه‌ی آماری طراحان حرفه ای انتخاب شدند. از این رو، دو مسئله‌ی طراحی تکنولوژیک و غیرتکنولوژیک در اختیار آنها قرار گرفت و اطلاعات بدست آمده از ۱۶ جلسه‌ی ضبط شده، مکتوب گشته و سپس ارزیابی و تحلیل گردید.

- سؤال طراحی تکنولوژیک: طراحی وسیله‌ای جهت کمک به سالمندان برای بالابردن و پایین‌کشیدن پنجره‌های کشویی آسایشگاه‌های اجاره‌ای با بهره‌گیری از سیستم‌های الکترونیکی و تجهیزات آنها.
- سؤال طراحی غیرتکنولوژیک: طراحی وسیله‌ای جهت کمک به سالمندان برای بالا بردن و پایین کشیدن پنجره‌های کشویی آسایشگاه‌های اجاره‌ای بدون استفاده از سیستم‌های الکترونیکی.

تکنولوژی در دسترس نیز در این پژوهش، به معنای همان امکان بهره‌وری و استفاده از سیستم الکترونیکی است که از نیمی از طراحان حرفه‌ای و مبتدی خواسته شد تا از این تکنولوژی استفاده نمایند (سؤال طراحی تکنولوژیک) و به نیمی دیگر تأکید گردید که به هیچ وجه از تکنولوژی سیستم‌های الکترونیکی استفاده ننمایند (سؤال طراحی غیر تکنولوژیک).

تحلیل با استفاده از ترکیب روش همزمان (FBS) و لینکوگرافی[۶] که در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ توسط گلداشمیت[۷] پایه‌گذاری شد، صورت پذیرفت (Goldschmidt & Tasta, 2005). در هر گروه اطلاعات بدست آمده از جلسه‌ی طراحی تکنولوژیک با داده‌های بدست آمده از جلسه‌ی طراحی غیر تکنولوژیک گروه دیگر و داده‌های استخراج شده از گروه‌های طراحان حرفه‌ای با گروه‌های مبتدی، مورد مقایسه قرار گرفت. در نهایت ابعاد وسعت خلاقیت ایشان مورد سنجش قرار گرفت و میزان تأثیر تجربه و مهارت در بهره‌وری ذهنی ایشان ارزیابی گردید. در این پژوهش میزان تغییر ذهن و نحوه‌ی تفکر ایشان و افزایش خلاقیت طراحان در یافتن راه حل، مورد بررسی قرار گرفت.

۱. روش تحقیق

روشی که بیشتر برای مطالعه‌ی طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تجزیه و تحلیل جلسات است (Gero et al., 2011). درحالیکه راه‌های بسیاری در مشاهده‌ی روند طراحی وجود دارد، پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که مسائل اساسی که در فرآیند

طراحی مشاهده می‌شود، منحصر به یک وضعیت خاص طراحانه نیست. یکی از روش‌های پژوهشی که نشان می‌دهد طراحان در موقعیت‌های عادی چگونه کار می‌کنند عبارت است از مصاحبه با طراحان درباره شیوه‌ی کارشان. یکی از مزایای مصاحبه، زمانی است که طراحان بسیار خوب ترغیب به مصاحبه می‌شوند (لاوسون، ۱۳۹۰، ۵۳). به منظور توسعه‌ی شناخت نسبت به علم طراحی، به داده‌های تجربی از رفتار طراحان در زمان طراحی نیاز است. تفکر با صدای بلند به عنوان یک روش اصلی و کارآمد در مطالعات نحوه‌ی تفکر طراحان در جلسه، پذیرفته می‌شود. در یک جلسه، شرکت‌کنندگان در مورد افکارشان با صدای بلند توضیح می‌دهند و آنها را توصیف می‌کنند.

سال‌هاست روش‌های تجزیه و تحلیل جلسات طراحی با استفاده از اطلاعات کلامی در روان‌شناسی شناختی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش می‌تواند در ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین حالت، مسائلی که یک فرد در هنگام انجام یک کار به آن می‌اندیشد را نشان دهد. محبوبیت روش مطالعه‌ی جلسات با استفاده از اطلاعات کلامی در گستردگی قابلیت استفاده از آن می‌باشد. هر پژوهشی که ویژگی حل مسئله و انجام یک کار را داشته باشد، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از آن بدست آورد (Hughes & Parkes, 2003).

دربررسی طراحان، دوروش مشاهده ومطالعات رفتاری وجوددارد. روش دیگر برای ارزیابی طراحان، مطالعه‌ی جلسات طراحی است. آنالیز جلسات، رایج‌ترین روش در زمینه‌ی طراحی پژوهی است. این روش، دقیق‌ترین راه در مطالعه‌ی افکار شفاهی،[۸] جهت بدست‌آوردن اطلاعات در نحوه‌ی تفکر طراحان است (Pourmohamadi & Gero, 2011). آنالیز جلسات شفاهی، یک روش محبوب در آشکارسازی فرآیند روان‌شناختی یک فرد در حین انجام یک فعالیت است و اطلاعات بدست آمده از این روش قابل اعتماد هستند (Park, 2009).

بدین ترتیب تمامی جلسات طراحی در آتلیه تشکیل یافته و ابزار در اختیار طراحان، ۲ عدد خودکار همرنگ و تعدادی کاغذ A۴ بوده است. جلسات توسط دوربین فیلمبرداری ضبط گردید. تصویر۱، نمونه‌ای از شرایط آزمایشگاهی جلسات و فیلمبرداری از آنها را نشان می‌دهد.

یکی از روش‌های پژوهشی، کدگذاری هستی‌شناسی (FBS) است. این طرح کدگذاری مبنی بر یک هستی‌شناسی (FBS) کلی

تصویر۱- نمونه‌ای از شرایط آزمایشگاهی و فیلمبرداری جلسات طراحی.

طراحی به نام هستی‌شناسی عملکرد- رفتار- ساختار است و به عنوان یک طرح کدگذاری اصولی می‌باشد. این روش، بصورت همزمان با روش لینکوگرافی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بطور عمومی، تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط لینکوگرافی انجام گرفت. این روش برای اولین بار توسط خانم گابرییلا گلداشمیت در سال ۱۹۹۰ پیشنهاد گردیده و تاکنون در مطالعات متنوعی در رابطه با طراحان مورد استفاده قرار گرفته است. لینکوگرافی، یک روش کمّی مطالعه‌ی ساختارمند تفکر طراحی در قالب یک شبکه‌ی گراف (گراف شبکه‌ای) است. در این روش، کلیه‌ی فعالیت‌های طراح در طول پروسه‌ی طراحی بصورت یک شبکه‌ی گراف مشتمل بر حرکت‌های طراحانه و ارتباطات میان آنها مدل می‌گردد. مدل تشکیل شده به ما اجازه می‌دهد تا شیوه‌ی تفکر طراحان و تصمیمات مؤثر آنها در طول پروسه‌ی طراحی را به شیوه‌ی کمّی آنالیز نموده و درباره‌ی آن نتیجه‌گیری کنیم. بدین منظور ابتدا بایستی تمامی رفتارهای طراح بطور مجزا به کدهایی تفکیک گردند. کدها در این شکل کدگذاری ساختارمند هستند و بوسیله‌ی FBS مشخص می‌شوند. در مجموع شش کد جهت معنی‌دار نمودن نتیجه‌ی طراحی وجود دارد:

(R) Requirements: احتیاجات، ورودی اطلاعاتی که الزاماً طراح به عنوان ورودی آن نبوده است؛

(F) Functions: عملکردها، وظایفی که محصول بایستی داشته باشد؛

(Be) Behaviors: رفتارها، صفات محصول؛

(S) Structures: ساختارها، روابط بین اجزای فیزیکی محصول؛

(Bs) Structural Behavior: رفتارهای ساختاریافته؛

(D) Documents: اسناد و مدارک ثبت شده.

۱-۱- آنالیز جلسات طراحی

روش مذکور به روش‌های شخصی و خود گزارشگر مثل پرسش و پاسخ ارجحیت دارد. معمولاً آنالیز جلسات طراحی به منظور شناخت فعالیت‌های طراحی، آشکارسازی مدل‌های شناختی و ساختار دانش طراحان و تشخیص جنبه‌های ادراکی در طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pour Rahimian & Rahinah, 2013, 240). اعتبارسنجی جلسات به واسطه‌ی اطلاعات تجربی صورت می‌گیرد و بر پایه‌ی اطلاعات تئوری نیست و نویسندگان باید تمام اطلاعاتی که بلافاصله به فکر طراح می‌آید را تحریر نمایند (Rans-dell,1995,90). در این روش کدگذاری، ابتدا جلسه‌ی ضبط شده مکتوب می‌گردد تا هر آنچه که در طول جلسه به صورت شنیداری رخ داده است به نوشته تبدیل شود. این نوشته، منبع اصلی آنالیزها و استخراج اطلاعات می‌باشند. از آنجایی‌که داده‌های غیرضروری در نتایج نهایی نقش مهمی ندارند، حذف می‌گردند. سپس داده‌ها بر اساس یک مدل تئوری کدگذاری می‌شوند و غالباً با نظر خود محقق کدها ایجاد می‌گردند.

۱-۱-۱- بخش بندی

بخش‌بندی توسط برش جلسات، داخل گروه‌های کلمات

انجام می‌شود که در آن هر گروه می‌تواند با یک مسئله‌ی طراحی کد شده باشد. اگر یک بخش بیش از یک مسئله‌ی طراحی باشد، به قطعات بیشتری شکسته می‌شود تا نتیجه‌ی مورد نظر حاصل گردد. علاوه بر این، کدها نمی‌توانند یکدیگر را مورد همپوشانی قرار دهند. این دستورالعمل، هر بخش در داخل پروتکل را به یک واقعه‌ی مستقل تبدیل می‌کند (Pourmohamadi 2013,50).

۱-۱-۲- کدگذاری

پس از شکستن جلسه به بخش‌های معنادار کوچک، هر بخش با یکی از کدهای (FBS) مورد توصیف قرار می‌گیرد. از آنجایی‌که هر کد به تنهایی مفسّر یک رفتار یا فعالیت است، هر بخش حتی در حد یک کلمه، بیانگر یک کد می‌باشد. جلسه‌ی کدگذاری شده مورد آنالیز قرار گرفته و در نهایت با نتایج جلسات دیگر قیاس می‌گردد.

تصویر ۲، طرح هستی‌شناسی(FBS) و ارتباط بین تغییرات هشت فرآیند و سه دسته‌ی اولیه از مسائل را نشان می‌دهد که مراحل اساسی طراحی را تشکیل می‌دهند.

(فرآیند۱): تدوین عملکردها بر اساس یک مجموعه از رفتارهای مورد انتظار صورت می‌گیرد، در این مرحله ایده‌پردازی صورت نمی‌گیرد؛

(فرآیند۲): تولید مصنوع، که در آن برای تکمیل رفتارهای مورد انتظار، ساختاری پیشنهاد می‌گردد؛

(فرآیند۳): تجزیه و تحلیل رفتار مشتق از ساختار محصول؛

(فرآیند۴): اعمال یک فرآیند ارزیابی بین رفتار مورد انتظار و رفتار مشتق شده از ساختار. در واقع قابل قبول‌بودن ایده مورد سنجش قرار می‌گیرد؛

(فرآیند۵): مدارک و مستندات، که حاصل طراحی و یا توضیحات جزئی طراحی می‌باشند.

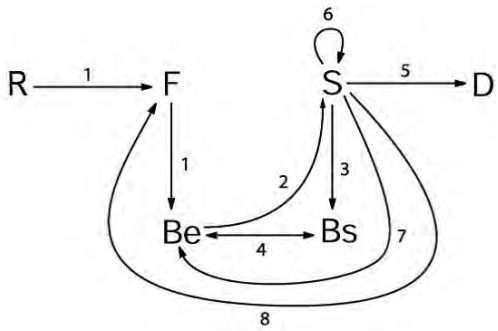
سه فرمول‌بندی مجدد بر اساس ساختار وجود دارد که باعث ایجاد متغیرهای جدید می‌شود. می‌توان این فرمول‌بندی ها را در ادامه مراحل بالا ذکر کرد.

(فرآیند ۶): فرمول‌بندی مجدد ساختار؛

(فرآیند ۷): فرمول‌بندی مجدد رفتار مورد انتظار؛

(فرآیند ۸): فرمول‌بندی مجدد عملکرد (Gero et al., 2011).

کدگذاری جلسات طراحی توسط دو نفر کدکننده انجام می‌گیرد. جهت داوری بین کدکننده‌ها به منظور کاهش فردیت و ذهنیت



تصویر ۲- بخش‌های طراحی و مراحل انتقال آنها.
ماخذ: (Kannengiesser et al., 2014, 3)

در کدگذاری و ارتقای اعتمادپذیری دو متن کد شده، روش دلفی[9] پیشنهاد می‌گردد (Pourmohamadi, 2013, 50). دلفی، رویکرد یا روشی سیستماتیک در تحقیق برای استخراج نظرات از یک گروه از متخصصان در مورد یک موضوع یا یک سؤال است، از دیدگاه روش دلفی، قضاوت‌های انسانی به مثابه ورودی‌هایی مشروع و سودمند برای انجام پیش‌بینی‌ها می‌باشند (احمدی، ۱۳۸۸، ۱۰۱-۱۰۰).

مکتوبات ۱۶ جلسه‌ی طراحی این پژوهش نیز توسط دو نفر، به صورت مستقل بخش‌بندی و با توجه به طرح هستی‌شناسی(FBS) کدگذاری گردید. در نهایت نتایج دو کدکننده با یکدیگر مقایسه‌شده و با استفاده از روش دلفی مورد بررسی قرار گرفتند.

۱-۲- لینکوگرافی

لینکوگرافی یک روش ساختاری مستعمل جهت تجزیه و تحلیل تولید ایده‌های طراحی به عنوان یک شبکه‌ی بین ارتباطی است. برای اولین بار جهت مطالعه‌ی پروتکل طراحی معرفی و توسط گلداشمیت (۱۹۹۰) مطالعه شد و پس از آن توسط محققان دیگر مورد پذیرش قرار گرفت (Pourmohamadi, 2013, 50).

لینکوگرافی با سه هدف ایجاد شده است:

۱- اندازه‌گیری بهره‌وری طراحان

۲- مطالعه‌ی فرآیند خلاقیت

۳- ارزیابی کیفیت ایده‌ها

جدول ۱، بخش‌هایی از یک نمونه جلسه‌ی کدگذاری شده و کدهای لینک شده‌ی آن را نشان می‌دهد.

یک لینکوگراف شامل حرکات طراحی است و ارتباط بین آنها را در راه خاصی نشان می‌دهد. یک حرکت، عملی است که وضعیت طراحی را تغییر داده و به واسطه‌ی عقل سلیم تصمیم گرفته است. دو حرکت در صورتی‌که به لحاظ مفهومی در برخی از مسیرها به هم مرتبط باشند، پیوند می‌یابند. یک جلسه‌ی طراحی معمولی می‌تواند صدها حرکت و ارتباط بین آنها باشد. حرکت‌ها بر اساس ترتیب زمانی، با اتصال لینک‌های هر زوج به طور مورب در یک محور نشان داده می‌شوند و بدین ترتیب یک شبکه‌ی گرافیکی بدست می‌آید (تصویر۳). بالاترین نقطه‌ی هر لینک مورب، یک گره لینک[10] نامیده می‌شود. موقعیت فضایی هر گره لینک، یک تابع از موقعیت دو حرکت در طول جلسه و طول پیوند (فاصله بین دو حرکت) را نشان می‌دهد. از این موضوع به دلیل یکپارچگی (به عنوان مثال، دسته‌بندی) و توزیع لینک‌های مفهومی استفاده شده است (Pourmohamadi, 2013, 51).

جدول ۱- نمونه‌ای از بخش‌های یک جلسه‌ی کد شده و ارتباط هر کد با دیگر کدها.

شماره	متن	کد	کدهای مرتبط		
۷۵	باید یه دکمه داشته باشه	S	۷۴		
۷۶	تو پایینه پنجره	S	۷۵		
۷۷	که در محدوده‌ی دسترس باشه	Be	۷۵	۷۶	
۷۸	که اتفاقی این دکمه زده نشه	Bs	۷۵	۷۶	۷۷
۷۹	وقتی میخواد بزنه خیلی راحت زده بشه	Bs	۷۵	۷۶	۷۷

اشمیت معتقد است دو نوع لینک وجود دارد؛ لینک‌های عقب‌رونده[11] و لینک‌های جلورونده[12]. لینک‌های عقب‌رونده با توجه به لینک‌های جلورونده ایجاد شده‌اند و لینک‌های جلورونده قابلیت ایجاد لینک‌های دیگر و حرکت‌های بیشتری دارند. جلساتی که دارای لینک‌های جلورونده بیشتری نسبت به لینک‌های غیر جلورونده هستند موقعیت بیشتری در خلاقیت و نوآوری دارند (Kan et al., 2006). لینک‌های جلورونده به حرکت‌های بعد از خود ارتباط دارند و لینک‌های عقب‌رونده به حرکات پیش از خود ارتباط دارند. یک لینک جلو رونده، تنها امکان مفهومی، پس از ایجاد لینکوگراف از جلسه‌ی طراحی است. در واقع، طراح نمی‌تواند در زمان، پیشروی نماید.

بنابراین، لینکوگرافی از مدل گراف‌های پیچیده برای تحلیل رفتارها استفاده می‌کند. بدین ترتیب پس از کدگذاری رفتارها، روابط متقابل رفتارهای مختلف، بصورت یک شبکه‌ی گراف، مدل‌سازی می‌گردد. بطور مثال انجام یک حرکت یا گفتار در واکنش به رفتار دیگر، موجب ایجاد یک رابطه (لینک) میان آن دو رفتار می‌شود. بدین ترتیب کلیه‌ی وقایع و رفتارهای صورت گرفته در یک جلسه تبدیل به یک مدل شبکه‌ای در هم‌تنیده از رفتارها (گره) و روابط بین آنها (لینک) می‌گردد. تحلیل این مدل با استفاده از تئوری گراف‌ها می‌تواند راهگشای شناخت عمیق‌تر از رفتارهای انسانی و وابستگی‌های آنها گردد. تئوری یا نظریه گراف‌ها علمی است که به مطالعه‌ی گراف به عنوان مجموعه‌ای از رئوسی که بوسیله‌ی یال‌ها به هم وصل شده‌اند، می‌پردازد و درباره‌ی آنها بحث می‌کند.

۱-۳- نرم افزار آنالیز جلسات طراحی

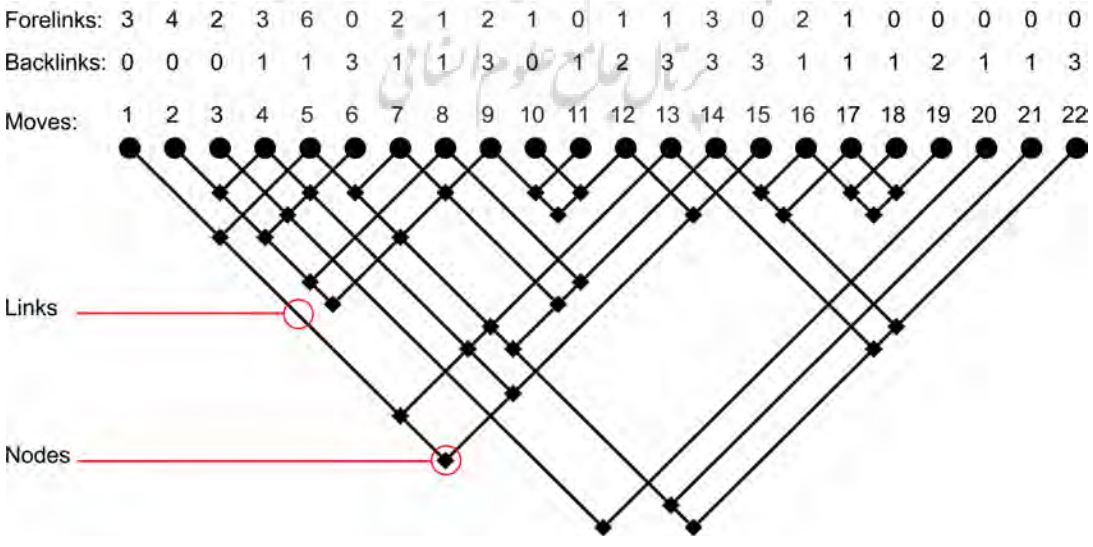
تجزیه و تحلیل کمی جلسات طراحی، روش تحقیقی پرهزینه هم از نظر زمان و هم منابع است. یکی از راهکارهای ممکن جهت کاهش زمان و هزینه در چنین پژوهش‌هایی، توسعه‌ی ابزارهای نرم‌افزاری برای اتوماتیک نمودن بخشی از فرآیند بزرگ‌تر می‌باشد. در این راستا پورمحمدی در سال ۲۰۱۱، نرم افزار LINKOgrapher را جهت جلوگیری از اتلاف زمان در تهیه‌ی پروتکل برای تجزیه و تحلیل، برنامه‌ریزی نمود. این نرم‌افزار بر پایه‌ی معرفی کد به منظور بهبود تجسم نتایج و کیفیت خروجی، انجام گرفته است که با تولید مدل‌های آماری و نمودار توسط پژوهشگر، تفسیر و ترجمه می‌گردد. این نرم‌افزار با بهره‌گیری از طرح کدگذاری هستی‌شناسی (FBS)، با هدف ایجاد زمینه‌های مشترک برای تجزیه و تحلیل جلسات طراحی می‌باشد. لینکوگرافر، نرم افزاری است که در قالب برنامه‌ی لینکودر[13] قابل اجرا است یعنی لینکوگرافر نرم‌افزار و لینکودر برنامه‌ی اجرایی آن می‌باشد.

داده‌های اولیه‌ی هر جلسه‌ی طراحی شامل اطلاعات کدگذاری شده بر اساس (FBS) و لینک شده می‌باشد که بایستی به‌صورت فایل (xls) ذخیره شده و وارد نرم افزار لینکوگرافر گردد. واحدهای غیر طراحی از کل کدها حذف شده و بررسی نمی‌گردند. این فایل به عنوان داده‌های ورودی وارد برنامه لینکودر می‌شود و اطلاعات خروجی به دو صورت متنی و تصویری حاصل می‌گردند.

۲. گزارش نتایج

پس از وارد نمودن فایل‌های (xls) هر گروه به برنامه‌ی لینکودر، اطلاعات خروجی متنی هر گروه ذخیره شد. سپس وارد برنامه اکسل[14] کرده و جهت تعیین مقدار اطمینان از تفاوت دو مجموعه از روی شاخص‌های شناختی حل مسئله‌ی آنها، آزمون T[15] انجام شد.

جدول ۲، اطلاعات ۴ گروه طراحان حرفه‌ای در شرایط سؤال تکنولوژیک و ۴ گروه طراحان حرفه‌ای دیگر در شرایط سؤال غیر تکنولوژیک را نشان می‌دهد. این جدول، نتایج آزمون T برخی از این شاخص‌های شناختی را برای این دو گروه بیان می‌کند.



تصویر ۳- یک نمونه از لینکوگراف که تعداد لینک‌های عقب رونده و جلو رونده را در هر حرکت نشان می‌دهد.
ماخذ: (Pourmohamadi, 2013, 51)

جدول ۲- اطلاعات حاصل از لینکودر و آزمون T دو مجموعه طراحان حرفه‌ای در شرایط سؤال تکنولوژیک و غیر تکنولوژیک.

آزمون تی (p value)	طراحان حرفه‌ای درشرایط سؤال غیر تکنولوژیک				طراحان حرفه‌ای درشرایط سؤال تکنولوژیک				
	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	
۰,۸۲۹۷۸۵	۵	۱۲	۱۳	۱۳	۱۲	۱۲	۸	۱۳	نیاز (R)
۰,۱۸۹۱۱۱	۸	۱	۳	۷	۶	۲۰	۹	۶	عملکرد (F)
۰,۳۳۶۰۸۲	۳۲	۲۷	۸۵	۴۹	۴۲	۸۳	۴۸	۱۰۰	رفتار (Be)
۰,۲۸۳۱۳۵	۴۲	۴۴	۹۷	۳۸	۵۵	۹۵	۵۳	۱۱۷	رفتار ساختار یافته (Bs)
۰,۵۸۷۸۰۱	۱۱۴	۴۵	۱۲۳	۷۰	۷۵	۱۴۳	۶۱	۱۳۷	ساختار (S)
۰,۱۷۰۸۴۴	۲	۰	۲	۱	۳	۴	۱	۲	فرمول بندی
۰,۴۵۰۳۱۲	۱۱	۱۰	۲۸	۱۳	۱۳	۲۷	۱۱	۳۳	ترکیب
۰,۶۳۳۶۰۴	۱۸	۱۵	۳۷	۱۵	۱۶	۳۱	۱۸	۳۴	تحلیل و بررسی
۰,۴۴۰۱۹۲	۲۰	۱۸	۴۳	۱۸	۲۰	۳۵	۲۲	۵۶	ارزیابی
۰,۷۷۹۷۲۸	۲۵	۵	۱۶	۷	۱۴	۱۷	۷	۹	مستندات (D)
۰,۶۳۴۰۰۶	۶۲	۱۵	۴۴	۳۲	۳۱	۶۶	۲۴	۶۱	فرمول‌بندی مجدد ۱
۰,۲۶۹۷۸۹	۷	۸	۲۲	۱۳	۱۱	۲۸	۱۱	۳۱	فرمول‌بندی مجدد ۲
۰,۲۰۷۰۳۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	فرمول‌بندی مجدد ۳
۰,۰۰۰۵	۲	۰	۱	۳	۷	۸	۷	۱۰	فرمول‌بندی
۰,۴۸۲۳۳۲	۷	۱۵	۶۹	۲۴	۲۰	۷۰	۱۱	۸۱	ترکیب
۰,۷۵۲۳۶۹	۹۱	۷۵	۱۹۰	۵۴	۸۶	۱۲۷	۷۰	۱۷۸	تحلیل و بررسی
۰,۳۱۱۵۳۹	۵۳	۴۴	۱۴۶	۳۴	۷۱	۹۴	۸۹	۱۸۰	ارزیابی
۰,۸۸۳۸۹۲	۲۰	۹	۲۴	۷	۱۷	۸	۱۲	۲۰	مستندات (D)
۰,۴۱۷۰۰۲	۲۱۵	۵۳	۲۳۸	۱۲۸	۱۶۱	۳۱۵	۱۳۴	۲۲۸	فرمول‌بندی مجدد ۱
۰,۸۵۳۷۶۲	۲۶	۲۷	۸۹	۶۹	۴۵	۶۴	۳۲	۸۵	فرمول‌بندی مجدد ۲
۰,۵۳۶۹۶۳	۳	۱	۳	۲	۱	۹	۲	۲	فرمول‌بندی مجدد ۳

جدول ۳- اطلاعات حاصل از لینکودر و آزمون T دو مجموعه طراحان مبتدی درشرایط سؤال تکنولوژیک و غیر تکنولوژیک.

آزمون تی (p value)	طراحان مبتدی درشرایط سؤال غیر تکنولوژیک				طراحان مبتدی درشرایط سؤال تکنولوژیک				
	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	
۰,۸۹۳۲۹۷	۱۲	۱۲	۱۴	۲۲	۵	۱۸	۲۶	۸	نیاز (R)
۰,۹۳۴۶۹۵	۶	۶	۷	۴	۳	۱۳	۸	۰	عملکرد (F)
۰,۵۶۷۳۷۸	۱۱۷	۳۲	۱۰۱	۵۱	۴۶	۱۸۷	۱۰۹	۵۲	رفتار (Be)
۰,۸۰۷۷۴۶	۱۴۱	۲۷	۱۰۸	۹۷	۲۶	۱۳۵	۱۱۴	۶۳	رفتار ساختار یافته (Bs)
۰,۹۴۲۱۶۹	۳۶۳	۴۶	۱۱۸	۱۵۷	۷۵	۲۷۵	۱۷۷	۱۸۱	ساختار (S)
۰,۶۷۰۴۱۲	۲	۰	۰	۰	۰	۴	۲	۰	فرمول بندی
۰,۸۴۶۲۳۹	۵۰	۹	۲۸	۲۲	۱۷	۵۶	۲۵	۲۱	ترکیب
۰,۴۸۷۵۳۶	۷۱	۸	۳۶	۴۴	۱۳	۳۴	۴۰	۳۰	تحلیل و بررسی
۰,۹۵۲۳۰۷	۶۸	۱۹	۵۱	۲۶	۱۲	۸۴	۴۶	۱۷	ارزیابی
۰,۹۰۸۳۸۹	۳۴	۷	۳۲	۲۱	۴	۲۵	۲۵	۴۵	مستندات (D)
۰,۸۸۳۵۵۵	۲۰۳	۱۸	۲۷	۶۹	۳۷	۱۵۳	۷۷	۸۰	فرمول بندی مجدد ۱
۰,۴۷۹۹۹۴	۴۹	۱۲	۱۶	۱۹	۲۱	۵۶	۳۰	۲۴	فرمول بندی مجدد ۲
۱	۰	۰	۲	۱	۰	۲	۱	۰	فرمول بندی مجدد ۳
۰,۳۷۰۵۷۳	۳	۳	۳	۴	۷	۲۱	۳	۰	فرمول بندی
۰,۳۹۹۸۶۳	۹۲	۱۱	۴۰	۲۸	۲۹	۲۷۶	۵۳	۳۷	ترکیب
۰,۶۷۶۹۸۸	۳۷۶	۵۰	۱۰۸	۱۵۳	۴۶	۲۴۴	۱۳۹	۱۱۴	تحلیل و بررسی
۰,۶۳۴۹۶۵	۱۴۵	۳۲	۱۴۴	۷۵	۲۵	۳۵۵	۱۵۰	۳۱	ارزیابی
۰,۸۰۹۲۵۶	۳۹	۹	۲۹	۲۵	۳	۲۷	۲۷	۵۸	مستندات (D)
۰,۸۳۱۹۶۲	۱۸۸	۶۹	۹۹	۲۶۶	۱۷۶	۱۲۰۶	۲۵۷	۴۱۶	فرمول بندی مجدد ۱
۰,۴۵۳۸۵۸	۹۶	۲۷	۷۴	۳۹	۵۱	۲۳۶	۵۸	۴۷	فرمول بندی مجدد ۲
۰,۶۵۴۰۰۵	۰	۰	۱	۲	۰	۴	۱	۰	فرمول بندی مجدد ۳

جدول ۴- آزمون T دو مجموعه طراحان حرفه ای و مبتدی درشرایط سؤال تکنولوژیک و غیر تکنولوژیک.

	طراحان حرفه ای								طراحان مبتدی								آزمون تی
	گروه۱	گروه۲	گروه۳	گروه۴	گروه۱	گروه۲	گروه۳	گروه۴	گروه۱	گروه۲	گروه۳	گروه۴	گروه۱	گروه۲	گروه۳	گروه۴	(p value)
نیاز (R)	۱۳	۸	۱۲	۱۲	۱۳	۱۳	۱۲	۵	۸	۲۶	۱۸	۵	۲۲	۱۴	۱۲	۱۲	۰،۱۹۹۵۳۸
عملکرد (F)	۶	۹	۲۰	۶	۷	۳	۱	۸	۰	۸	۱۳	۳	۴	۷	۶	۶	۰،۵۱۳۴۱۷
رفتار (Be)	۱۰۰	۴۸	۸۳	۴۲	۴۹	۸۵	۲۷	۳۲	۵۲	۱۰۹	۱۸۷	۴۶	۵۱	۱۰۱	۳۲	۱۱۷	۰،۱۸۸۳۹۶
رفتار ساختار یافته (Bs)	۱۱۷	۵۳	۹۵	۵۵	۳۸	۹۷	۴۴	۴۲	۶۳	۱۱۴	۱۳۵	۲۶	۹۷	۱۰۸	۲۷	۱۴۱	۰،۲۸۹۶۲۱
ساختار (S)	۱۳۷	۶۱	۱۴۳	۷۵	۷۰	۱۲۳	۴۵	۱۱۴	۱۸۱	۱۷۷	۲۷۵	۷۵	۱۵۷	۱۱۸	۴۶	۳۶۳	۰،۰۶۵۷۰۷
فرمول بندی	۲	۱	۴	۳	۱	۲	۰	۲	۰	۲	۴	۰	۰	۰	۲	۲	۰،۳۷۷۸۶۴
ترکیب	۳۳	۱۱	۲۷	۱۳	۱۳	۲۸	۱۰	۱۱	۲۱	۲۵	۵۶	۱۷	۲۲	۲۸	۹	۵۰	۰،۱۴۴۲۴۷
تحلیل و بررسی	۳۴	۱۸	۳۱	۱۶	۱۵	۳۷	۱۵	۱۸	۳۰	۴۰	۳۴	۱۳	۴۴	۳۶	۸	۷۱	۰،۱۵۳۲۷۴
ارزیابی	۵۶	۲۲	۳۵	۲۰	۱۸	۴۳	۱۸	۲۰	۱۷	۴۶	۸۴	۱۲	۲۶	۵۱	۱۹	۶۸	۰،۲۹۹۴۳۱
مستندات (D)	۹	۷	۱۷	۱۴	۷	۱۶	۵	۲۵	۴۵	۲۵	۲۵	۴	۲۱	۳۲	۷	۳۴	۰،۰۴۸۷۷۳
فرمول بندی مجدد ۱	۶۱	۲۴	۶۶	۳۱	۳۲	۴۴	۱۵	۶۲	۸۰	77	۱۵۳	۳۷	۶۹	۲۷	۱۸	۲۰۳	۰،۱۰۵۵۴۲
فرمول بندی مجدد ۲	۳۱	۱۱	۲۸	۱۱	۱۳	۲۲	۸	۷	۲۴	۳۰	۵۶	۲۱	۱۹	۱۶	۱۲	۴۹	۰،۰۸۷۰۵۸
فرمول بندی مجدد ۳	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۲	۰	۱	۲	۰	۰	۰،۵۰۵۶۷۳
فرمول بندی	۱۰	۷	۸	۷	۳	۱	۰	۲	۰	۳	۲۱	۷	۴	۳	۳	۳	۰،۷۸۱۹۰۷
ترکیب	۸۱	۱۱	۷۰	۲۰	۲۴	۶۹	۱۵	۷	۳۷	۵۳	۲۷۶	۲۹	۲۸	۴۰	۱۱	۹۲	۰،۳۱۶۵۵۵
تحلیل و بررسی	۱۷۸	۷۰	۱۲۷	۸۶	۵۴	۱۹۰	۷۵	۹۱	۱۱۴	۱۳۹	۲۴۴	۴۶	۱۵۳	۱۰۸	۵۰	۳۷۶	۰،۳۱۰۸۶۷
ارزیابی	۱۸۰	۸۹	۹۴	۷۱	۳۴	۱۴۶	۴۴	۵۳	۳۱	۱۵۰	۳۵۵	۲۵	۷۵	۱۴۴	۳۲	۱۴۵	۰،۴۸۱۹۹۱
مستندات (D)	۲۰	۱۲	۸	۱۷	۷	۲۴	۹	۲۰	۵۸	۲۷	۲۷	۳	۲۵	۲۹	۹	۳۹	۰،۰۷۱۶۹۲
فرمول بندی مجدد ۱	۲۲۸	۱۳۴	۳۱۵	۱۶۱	۱۲۸	۲۳۸	۵۳	۲۱۵	۴۱۶	۲۵۷	۱۲۰۶	۱۷۶	۲۶۶	۹۹	۶۹	۱۸۸	۰،۱۲۴۰۲۸
فرمول بندی مجدد ۲	۸۵	۳۲	۶۴	۴۵	۶۹	۸۹	۲۷	۲۶	۴۷	۵۸	۲۳۶	۵۱	۳۹	۷۴	۲۷	۹۶	۰،۳۶۲۹۸۶
فرمول بندی مجدد ۳	۲	۲	۹	۱	۲	۳	۱	۳	۰	۱	۴	۰	۲	۱	۰	۰	۰،۰۹۳۷۱۱

براساس این نتایج، طراحان حرفه‌ای فارغ ازاینکه چه سؤالی به آنها داده شده است یا فضای پاسخ آنها چگونه است، ازیک استراتژی یکسان جهت حل مسئله استفاده می‌کنند. چراکه شاخص‌های شناختی حل مسئله‌ی آنها براساس هستی‌شناسی(FBS) تغیر معناداری نمی‌کند.

جدول۳ نیز اطلاعات حاصل از لینکودر ۴ گروه طراحان مبتدی درشرایط سؤال تکنولوژیک و ۴ گروه طراحان مبتدی دیگر درشرایط سؤال غیرتکنولوژیک و نتایج آزمون T آنها را به نمایش می‌گذارد.

از آنجایی که هر گروه از طراحان در فضای پاسخ یکسان، مشابه هم گروه‌های خود عمل کرده‌اند، آزمون T را برای مقایسه‌ی دو مجموعه از طراحان حرفه‌ای و مبتدی، فارغ از نوع سؤال طراحی انجام دادیم. جدول ۴، شاخص‌های دو مجموعه‌ی طراحان حرفه‌ای و طراحان مبتدی را بدون در نظرگیری شرایط و فضای طراحی آنها به همراه نتایج آزمون T نشان می‌دهد. براساس این آزمون، شاخص‌های شناختی حل مسئله‌ی آنها براساس هستی‌شناسی(FBS) تنها در مورد مکتوب نمودن و مدارک ثبت شده بر اساس آنالیز سینتکتیک، تغیر معنادار دارد (p<۰/۰۵).

نتیجه

مطابق با تحقیقات قبلی، طراحان با توجه به سطح توانایی‌هایشان، استراتژی‌های متفاوتی را در حل مسائل طراحی برمی‌گزینند. تحقیقات نگارندگان نیز بیانگر این است فارغ از این که به طراحان حرفه‌ای چه سؤالی داده شده است یا فضای پاسخ آنها چگونه است، همچنان از یک استراتژی واحد برای حل مسئله استفاده می‌کنند. عدم تغییر معنادار شاخص‌های شناختی حل مسئله‌ی طراحی براساس هستی‌شناسی(FBS)، این موضوع را نشان می‌دهد. منظور از استراتژی، همان فعالیت انجام شده براساس هستی‌شناسی بوده که سعی در مدل نمودن شیوه‌ی تفکر طراحان به‌صورت جامع و کامل را دارد. بنابراین خروجی این قبیل تحقیقات مدلی از شیوه‌ی فعالیت طراحان یا همان رویکرد استراتژیک آنها در حل مسائل به حساب می‌آید.

شایان ذکر است که مسئله‌ی استفاده از استراتژی و رویکرد خاص برای حل مسائل متفاوت در شرایط مختلف، به سطح توانایی‌های طراحان ارتباطی ندارد و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که طراحان حرفه‌ای و مبتدی، فارغ از اینکه در چه سطحی از توانایی و تجربه‌ی طراحی قرار دارند، همچنان در حل مسائل مختلف از یک استراتژی ثابت استفاده می‌کنند. این پدیده درثابت ماندن شاخص‌های ارزیابی FBS (موارد و پروسه‌های طراحی) خود را به خوبی نشان می‌دهد.

در مقایسه‌ی شاخص‌های شناختی طراحان حرفه‌ای و مبتدی، تنها در مورد مکتوب نمودن نوشته‌ها و طرح‌ها و مدارک ثبت شده، تغییر معنادار وجود دارد (p<۰/۰۵). بنابراین نتیجه می‌شود که

طراحان مبتدی به مکتوبات و ثبت مدارک و اسناد بیشتری نسبت به طراحان حرفه‌ای بر اساس آنالیز سینتکتیک دست می‌یابند. طراحان مبتدی حدوداً ۹۳٪ بیشتر از طراحان حرفه‌ای، طراحی نموده و به مکتوبات بیشتری دست یافته‌اند. بنابراین طراحان مبتدی در فرآیند مکتوب نمودن ساختارها و روابط بین اجزای فیزیکی محصول (S→D) در مقایسه با طراحان حرفه‌ای تفاوت معناداری دارند. از این رو طراحان مبتدی، فرضیات ضعیف بیشتری نسبت به طراحان حرفه‌ای در فرآیند مکتوب نمودن ایجاد کرده‌اند. به گفته‌ی پورمحمدی در رساله‌ی خود (در سال ۲۰۱۳)، مدل سینتکتیک با اتصال کدهای مجاور ایجاد می‌شود و یک مدل بسیار ضعیف از جلسه‌ی طراحی است که تنها با استفاده از اتصال بخش‌های مجاور بدست می‌آید. پایه‌ی آن بر اساس ارتباط‌های مفهومی و معنایی نیست. این روش، ضعیف‌ترین راه برای مدلسازی یک جلسه‌ی طراحی و سریع‌ترین راه مدلسازی فرآیند طراحی است. به عبارت دیگر، طراحان مبتدی در مکتوب نمودن نتایج حاصل از روابط بین اجزا، به یک نتیجه‌ی مستقیم از بخش‌بندی و کدگذاری پروتکل طراحی رسیده‌اند.

از این پژوهش درمی‌یابیم که دانشجویان طراحی صنعتی، با گذراندن ترم‌های آموزشی، بطور قطع توانایی‌هایشان در حل مسائل طراحی ارتقا یافته و نگرش جامع و کامل‌تری نسبت به روزهای اولیه‌ی آموزشی خود خواهند داشت. در این راستا، می‌توان سطح تفکر طراحان مبتدی و نحوه‌ی نگرش آنها با مسائل طراحی را، به طراحان حرفه‌ای نزدیک‌تر نمود. ولی به جهت تعمیم نتایج به طراحان سوپر حرفه‌ای، نیازمند انجام آزمایش بر روی نمونه‌ی آماری طراحان فوق حرفه‌ای و با سابقه‌ی طولانی فعالیت و تجربه‌کار حرفه‌ای هستیم.

پی‌نوشت‌ها

1 Nigel Cross.
2 Synthesis.
3 Evaluation.
4 Function - Behaviour - Structure (FBS).
5 Gero.
6 Linkography.
7 Gabriela Goldschmidt.
8 Verbalised thoughts.
9 Delphi method.
10 link-node.
11 Backlinks.
12 Forelinks.
13 Linkoder.
14 Microsoft Excel.
15 T.Test.

فهرست منابع

احمدی، نسیبه (۱۳۸۸)، معرفی و نقد روش دلفی، کتابنامه علوم اجتماعی، دی ماه، شماره ۲۲، صص ۱۰۸-۱۰۰.

دووریس، مارک. جی (۱۳۸۹)، *آموزش درباره‌ی تکنولوژی: درآمدی بر فلسفه‌ی تکنولوژی برای غیر فیلسوفان*، مصطفی تقوی، محبوبه مرشدیان، دانشکده صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران، تهران.

لاوسون، برایان (۱۳۹۰)، *طراحان چگونه می‌اندیشند؟*، مجتبی دولتخواه، حوریه پیری، لوتس، تهران، ایران.

Atman, C.J; Cardella, M.E; Turns, J & Adams, S.R (2005), Comparing freshman and senior engineering design processes: an in-depth follow-up study, *Design Studies*, Vol. 26, No. 4, pp 325-357.

Atman, C.J & Chimka, J.R (1999), A Comparison of Freshman and Senior Engineering Design Processes, *Design Studies*, Vol 20 No 2, pp 131-152.

Gero, J.S; Kan, J.w & Purmohamadi, M (2011), *Analysing Design Protocols: Development of Methods and Tools*, international conference, Indian Institute of Science, Bangalore, 10-12 January.

Goldschmidt, G & Tasta, D (2005), How Good Are Good Ideas? Correlates of Design Creativity, *Design Studies*, Vol. 26, No. 4, 593-611.

Hughes, J & Parkes, S (2003), *Trends In The Use of Verbal Protocol Analysis In Software Engineering Research*, Department of Applied Computing, University of Dundee, Dundee, Scotland; DD1 4HN, UK.

Kan, J.W; Bilda, Z & Gero, J.S (2006), *Comparing Entropy Measures of Idea Links in Design Protocols*, University of Sydney, Australia.

Kan, J.W & Gero, J.S (2009), *Using the FBS Ontology to Capture Semantic Design Information in Design Protocol Studies*, Faculty of Architecture, Design and Planning, University of Sydney, Australia.

Kannengiesser, U; Gero, J.S; Wells, J & Lammi, M (2014), *Do High School Students Benefit from Pre-Engineering Design Education?*, ICED 15.

Park, S (2009), Verbal Report in Language Testing, *the Journal of Kanda University of International Studies*, Vol. 21, pp 287-307.

Pourmohamadi, M (2013), *Designerly Ways of Customising*, A thesis of PHD, Faculty of Architecture and Design and Planning, The University of Sydney, Australia.

Pour Rahimian, F & Ibrahim, Rahinah (2013), *Behavioural Design Protocols in Architectural Design Studios: A Microscopic Analysis*. Department of Architecture, Faculty of Design and Architecture, Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang, Selangor, Malaysia, pp 235-258.

Pourmohamadi, M & Gero, J.S (2011), LINKOgrapher: An Analysis Tool to Study Design Protocols Based on FBS Coding Scheme, *International Conference on Engineering Design*, ICED11, 15 - 18 August, Technical University of Denmark.

Ransdell, S (1995), Generating thinking-aloud protocols: Impact on the narrative writing of college students, *American Journal of Psychology*, Vol. 108, No 1, pp 89-98.