

## معرفی مدل‌های تشخیصی شناختی

سنجش تشخیصی شناختی، چارچوب نظری جدیدی در زمینه اندازه‌گیری آموزشی و روانی است که به جای رتبه‌بندی آزمودنی‌ها بر اساس نمرات به دست آمده از آزمون به منظور ارائه بازخورد تشخیصی تکوینی<sup>۱</sup>، گزارش خرد نیمرخ تسلط آزمودنی در مهارت<sup>۲</sup> را ارائه می‌دهد (جانگ، ۲۰۰۸). اگرچه آزمون‌های مرسوم برای درجه‌بندی و رتبه‌بندی عملکرد آزمودنی در آزمون تهیه شده‌اند، ولی آن‌ها اطلاعات تشخیصی مفیدی در مورد عملکرد آزمودنی‌ها ارائه نمی‌دهند. سنجش تشخیصی شناختی، اطلاعات مفصلی در مورد نقاط قوت و ضعف آزمودنی‌ها در ساختار خاص دانش و مهارت‌های پردازش تدارک می‌بیند به گونه‌ای که آزمودنی‌ها می‌توانند به دلایل موفقیت یا شکست‌شان در سوالی خاص پی برده و عملکرد آتی خود را بهبود بخشند (چیپمن، نیکلاس و برنان<sup>۳</sup>، ۱۹۹۵).

وقتی هدف سنجش ارزشیابی یادگیرندگان و بررسی جنبه‌های خاصی از مهارت‌هاست، ارائه خرد شایستگی‌ها ضروری به نظر می‌رسد. هدف سنجش تشخیصی شناختی هدایت آزمون‌سازان به منظور ساخت آزمون‌هایی است که قادر به چنین ارائه‌ای باشند. در این روش به جای توجه به سنجش پیامدهای یادگیری بر سنجش برای یادگیری و سنجش به عنوان فرایند یادگیری تاکید می‌شود. در رویکرد سنجش پیامدهای یادگیری، سنجش به عنوان ابزاری برای ارزشیابی تراکمی یادگیرندگان به منظور اطلاع از تحقق اهداف تعیین شده در برنامه درسی و میزان آمادگی فراگیران برای رفتن به مقطع بعدی (یعنی ارتقا، فارغ التحصیلی و دریافت گواهینامه) در نظر گرفته می‌شود. در حالی که در رویکرد سنجش برای یادگیری، اطلاعاتی در اختیار معلمان قرار می‌گیرد تا به وسیله آن، آموزش و یادگیری را در کلاس درس اصلاح کنند. معلمان می‌توانند از اطلاعات تشخیصی تکوینی برای طراحی مجدد رویکردهای آموزشی خودشان، بازنگری منابع آموزشی و رفع نقاط ضعف فراگیران استفاده کنند. علاوه بر این، در این رویکرد یادگیرندگان در فعالیتهای مختلف یادگیری و سنجش درگیر می‌شوند (جانگ، ۲۰۰۸).

مدل‌های آماری متعددی در حیطه اندازه‌گیری آموزشی به منظور استنباط در مورد آزمون‌ها و آزمودنی‌ها تدوین شده‌اند. آزمون‌ها با هدف تعیین توانایی آزمودنی‌ها در یک موضوع درسی یا حیطه محتوایی خاص دارای داده‌های

۱. formative diagnostic feedback

۲. learners' skill mastery progile

۳. Chipman, Nicholas, & Brennan

## مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

با سه ویژگی مهم هستند. نخست، این مدل‌های آماری دارای متغیرهای پنهان (توانایی، استعداد یا صفت) هستند. دوم، این متغیرهای پنهان از طریق متغیرهای آشکار (مثلاً سوالات آزمون) اندازه‌گیری می‌شوند. سوم، در این مدل‌ها فرض بر این است که احتمال ارائه پاسخ درست به یک سوال در یک پیوستار پنهان افزایش می‌یابد. در مدل‌های متغیر پنهان فرض می‌شود که متغیر پنهان روابط درونی بین متغیرهای مشاهده شده را توصیف می‌کند (چا، ۲۰۱۱).

جدول ۱: طبقه‌بندی روش‌های تحلیل متغیر پنهان

متغیر مشاهده شده		متغیر پنهان
گسسته	پیوسته	
تحلیل صفت پنهان	تحلیل عاملی	پیوسته
تحلیل طبقه پنهان	تحلیل نیمرخ پنهان	گسسته

بارتلمیو<sup>۲</sup> (۱۹۸۳) مدل‌های اندازه‌گیری آموزشی را بر اساس نوع مقیاس متغیر پنهان و مشاهده شده به چهار دسته اصلی تحلیل عاملی، تحلیل صفت پنهان<sup>۳</sup> (مدل‌های نظریه سوال پاسخ)، تحلیل نیمرخ پنهان<sup>۴</sup> و تحلیل طبقه پنهان<sup>۵</sup> تقسیم کرد که در جدول ۲-۵ ارایه شده است.

در مدل‌های تحلیل عاملی و تحلیل نیمرخ متغیرهای مشاهده شده، پیوسته و متغیرهای پنهان به ترتیب پیوسته و گسسته هستند. در مدل‌های تحلیل طبقه پنهان و تحلیل صفت پنهان، متغیرهای مشاهده شده به صورت دو ارزشی، رتبه‌ای یا اسمی هستند و توزیع زیربنایی آن‌ها دو جمله‌ای یا چند جمله‌ای است. ولی این دو مدل دارای متغیرهای پنهان مختلفی هستند. مدل‌های صفت پنهان دارای متغیر پنهان پیوسته هستند ولی در مدل‌های طبقه پنهان، از متغیر پنهان گسسته با طبقه‌هایی استفاده می‌شود که آزمودنی‌ها را در طبقاتی همگن طبقه‌بندی

۱. Cha

۲. Bartholomew

۳. latent trait models

۴. latent profile models

۵. latent class models (LCM)

## مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

می‌کنند. از آنجایی که متغیرهای پنهان و مشاهده شد در مدل‌های تشخیصی شناختی به صورت گسسته هستند بنابراین این مدل‌ها جز مدل‌های طبقه پنهان هستند که به طبقه‌بندی آزمون‌شوندگان می‌پردازند.

### تاریخچه سنجش تشخیصی شناختی

تاریخچه سنجش تشخیصی شناختی به اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ برمی‌گردد وقتی که روانشناسی شناختی (که هدف بررسی فرایندهای ذهنی درونی است مثل این که افراد چگونه فکر می‌کنند، درک می‌کنند، به یاد می‌آورند و یاد می‌گیرند) و روانسنجی (که با نظریه‌ها، مدل‌ها، فنون آماری مورد استفاده برای توسعه آزمون‌های روان‌شناسی و آموزشی سر و کار دارد) با هم ترکیب شدند (بیجار<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸ و گیرل، ۲۰۰۷). در آن زمان، نظریه سوال پاسخ و مدل‌های روانسنجی مربوط به آن (مثل مدل راش، مدل‌های نظریه سوال پاسخ دو پارامتری و سه پارامتری) به وجود آمدند و این نظریه، جریان اصلی نظریه روانسنجی مدرن محسوب می‌شد.

روانشناسی شناختی، درک بهتری از مهارت‌های پردازش، راهبردها و ساختارهای دانش زیربنایی عملکرد آزمون که بخش کلیدی سنجش تشخیصی شناختی است، ارائه می‌کند. این در حالی است که مدل‌ها مرسوم اندازه‌گیری به دلیل لحاظ نکردن توجهات روان‌شناسی زیربنایی در سطح عملکرد یک سؤال، در نظر گرفتن مفروضات ساده در زمینه روان‌شناسی سؤال‌ها و ضمنی شدن یا حذف شدن فرایندهای روان‌شناسی آزمون دارای محدودیت هستند (اسنو و لهن، ۱۹۸۹). به طور ویژه، تحلیل پردازش اطلاعات حل مساله که در دهه ۱۹۷۰ شروع شد منجر به پیشرفت‌های مهمی در سنجش تشخیصی شناختی شد. تاکید تحلیل پردازش اطلاعات، بر آن چیزی است که در حین پاسخ دادن به سوالات در ذهن افراد اتفاق می‌افتد. بسیاری از مطالعات در زمینه توانایی شناختی مانند استدلال قیاسی، استدلال فضایی، استدلال استقرایی و توانایی کلامی به روانسنج‌ها در درک مهارت‌های شناختی مختلف زیربنایی آزمون کمک می‌کند (بیجار، ۲۰۰۸). بنابراین تفسیر عملکرد آزمون‌شوندگان نشان دهنده ترکیب پیچیده مهارت‌های پردازش، راهبردها و ساختارهای دانش است (اسنو و لهن، ۱۹۹۳).

همکاری بین روانشناسی شناختی و روانسنجی در دهه ۱۹۸۰ به ساخت سوال مبتنی بر شناخت منجر شد (مثلاً بیجار و یکم<sup>۲</sup>، ۱۹۸۶). مقالات و کتاب‌های امبرتسن (۱۹۸۳ و ۱۹۸۵) جرقه ایده ساخت سوالات مبتنی

۱. Bejar

۲. Yocom

## مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

بر شناخت را زد. ساخت سوال مبتنی بر شناخت بر نظریه شناختی خوب تدوین شده‌ای تاکید دارد که چارچوبی برای انتخاب و طراحی سوال تدارک می‌بیند. اسنو و لهن (۱۹۸۹) و مسیک<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) بر ضرورت سنجش تشخیصی شناختی تاکید کردند. از آن به بعد سنجش تشخیصی شناختی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت و به یکی از مباحث اصلی در تدوین آزمون‌های توانایی و پیشرفت تبدیل شد (لین و گیل، ۲۰۰۷).

در سه دهه اخیر محققان چندین مدل روانسنجی و رویکردهای طراحی آزمون را برای استفاده از سنجش تشخیصی شناختی پیشنهاد داده‌اند که در جدول زیر تاریخچه این مدل‌ها به طور کلی آورده شده است. از بین این مدل‌ها، مدل آزمون لوجستیک خطی (فیشر، ۱۹۷۳) اولین مدل روانسنجی بود که به طور موثر بین روانشناسی شناختی و روانسنجی ارتباط برقرار کرد. پس از آن روش‌شناسی فضا قاعده (تاتسوکا، ۱۹۸۳) ارایه شد که اساس بسیاری از مدل‌های تشخیصی در اندازه‌گیری آموزشی است. در ادامه مدل صفت پنهان چندبعدی (وایتلی<sup>۲</sup>، ۱۹۸۰؛ امبرتسن، ۱۹۹۱) و مدل صفت پنهان مولفه کلی (امبرتسن، ۱۹۸۴) به ترتیب به عنوان بسط چندبعدی و غیرجبرانی مدل راش<sup>۳</sup> و مدل آزمون لوجستیک خطی تدوین شدند.

به دلیل ارتباط مدل‌های تشخیصی شناختی با دیگر مدل‌های اندازه‌گیری در ادبیات مربوط به این حیطه با توجه به هدف محققان اسامی مختلفی مانند مدل‌های روانسنجی شناختی<sup>۴</sup>، مدل‌های پاسخ پنهان<sup>۵</sup>، مدل‌های طبقه پنهان محدود شده<sup>۶</sup>، مدل‌های طبقه پنهان طبقه‌بندی چندگانه<sup>۷</sup>، مدل‌های طبقه پنهان معین شده ساختار یافته<sup>۸</sup> و مدل‌های نظریه سوال پاسخ ساختار یافته<sup>۹</sup> در نظر گرفته‌اند که هر یک از این عناوین دارای اصول خاصی است

---

۱. Messick

۲. Whitely

۳. Rasch model

۴. cognitive psychometric models

۵. latent response models

۶. restricted latent class models

۷. multiple classification latent class models

۸. structured located latent class models

۹. structured item response theory models

## مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

و جنبه‌های مختلفی از آن‌ها (بعضی از آن‌ها زمینه نظری و بعضی هدف اصلی) را مورد توجه قرار می‌دهند (راپ و همکاران، ۲۰۱۰).

### تاریخچه مدل‌های تشخیصی شناختی

نام مدل	ارائه دهنده (گان)	سال	معادل انگلیسی
مدل آزمون لوجستیک خطی	فیشر	۱۹۷۳	linear logistic test model (LLTM)
مدل صفت پنهان چندبعدی	وایتلی	۱۹۸۰	multidimensional latent trait model (MLTM)
	امبرتسن	۱۹۹۱	
روش‌شناسی فضا قاعده	تاتسوکا	۱۹۸۳	Rule space methodology (RSM)
مدل صفت پنهان مولفه کلی	امبرتسن	۱۹۸۴	general component latent trait model (GLTM)
مدل دینا	هارتل	۱۹۸۹	DINA
	جانکر و سیجتسما	۲۰۰۱	
مدل هایبرید	یاممتو	۱۹۸۹	HYBRID model
مدل یکپارچه	دیبلو، استوت و روسس	۱۹۹۳	unified model
سیستم طراحی شناختی	امبرتسن	۱۹۹۴	cognitive design system (CDS)
طراحی مبتنی بر شواهد	میسلوی	۱۹۹۴	evidence-centered design (ECD)
مدل مقید دو پارامتری	امبرتسن	۱۹۹۹	۲PL-Constrained model
مدل فیوژن	هارتز	۲۰۰۲	Fusion Model (FM)
	روسس و همکاران	۲۰۰۷	
روش سلسله مراتبی صفت	لیتون، گیرل و هونکا	۲۰۰۴	Attribute Hierarchical Method (AHM)

## مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

مدل دینو	تمپلین و هنسن	۲۰۰۶	DINO
مدل تشخیصی شناختی لگ خطی	هنسن، تمپلین و ویلس	۲۰۰۹	log-linear cognitive diagnostic model (LCDM)

### انواع مدل‌های تشخیصی شناختی

یکی از مرسوم‌ترین روش‌های طبقه‌بندی‌ها این مدل‌ها، طبقه‌بندی ارائه شده توسط راپ و همکاران (۲۰۱۰) است که در جدول زیر ارائه شده است. این مدل‌های به سه صورت جبرانی، غیرجبرانی و کلی<sup>۱</sup> ارائه شده است. در ادامه به تشریح مرسوم‌ترین مدل‌های تشخیصی شناختی پرداخته می‌شود (راپ و همکاران، ۲۰۱۰). پرکاربردترین مدل تشخیصی شناختی، مدل غیرجبرانی دینا است که در ادامه پس از تعریف این مدل، نحوه اجرای آن با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مدل‌های تشخیصی شناختی بر حسب نوع مدل و نوع متغیر

متغیر پاسخ آشکار	نوع مدل	متغیر پیش‌بینی کننده پنهان	
		چند آموزشی	دو آموزشی
دو آموزشی	غیر جبرانی	BIN MCLCDM Full NC-RUM Reduced NC-RUM	RSM AHM DINA HO-DINA MS-DINA NIDA RERUM BIN MCLCM Full NC-RUM Reduced NC-RUM
	جبرانی	BIN MCLCM C-RUM GDM H-GDM LCDM G-DINA	DINO NIDO BIN MCLCM C-RUM GDM H-GDM LCDM G-DINA
دو آموزشی	غیر جبرانی	BIN MCLCDM Full NC-RUM Reduced NC-RUM	RSM AHM BIN MCLCDM Full NC-RUM Reduced NC-RUM
	جبرانی	BIN MCLCM C-RUM GDM H-GDM LCDM G-DINA	BIN MCLCM C-RUM GDM H-GDM LCDM G-DINA

<sup>۱</sup>. general

## مدل دینا

مدل دینا، مدل غیرجبرانی با یک قاعده چگالش عطفی<sup>۱</sup> است. یعنی در آن آزمودنی باید در همه مهارت‌های مورد اندازه‌گیری تسلط داشته باشد تا نمره یک را در سوال مورد نظر بیاورد. در این مدل، آزمودنی‌ها را به دو طبقه در هر سوال تقسیم می‌کند: یک طبقه شامل آزمودنی‌هایی می‌شود که در همه مهارت‌ها به تسلط رسیده‌اند و یک طبقه متعلق به آزمودنی‌هایی است که در حداقل یک مهارت مورد اندازه‌گیری به تسلط نرسیده‌اند. ویژگی مهم مدل دینا این است که برای هر سوال تمایزی بین پاسخ‌دهندگانی که دارای مهارت‌های متفاوتی نیستند قایل نمی‌شود. در این مدل احتمال ارائه پاسخ درست آزمودنی در طبقه C برای سوال i عبارت است از:

$$\pi_{ic} = P(X_{ic} = 1 | \xi_{ic}) = (1 - s_i)^{\xi_{ic}} g_i^{1-\xi_{ic}}$$

در این جا  $\pi_{ic}$ ، احتمال ارائه پاسخ صحیح به سوال i در طبقه پنهان c،  $X_{ic}$  پاسخ مشاهده شده برای سوال i در طبقه c،  $\xi_{ic}$ ، شاخص تسلط مهارت کلی برای سوال i در طبقه c،  $(1 - S_i)$ ، احتمال عدم لغزش<sup>۲</sup> در سوال i، و  $g_i$  احتمال حدس در سوال i. مدل دینا یک پارامتر لغزش یا  $S_i$  (احتمال این که آزمودنی که در همه مهارت‌های مورد اندازه‌گیری به تسلط رسیده است دچار لغزش شود و پاسخ غلطی به یک سوال بدهد) و یک پارامتر حدس یا  $g_i$  (احتمال این که آزمودنی که در حداقل یک مهارت مورد اندازه‌گیری به تسلط نرسیده است از روی حدس پاسخ درستی به یک سوال بدهد) برای هر سوال ارائه می‌دهد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این مدل منبع زیر مفید است:

Rupp, A. Templin, J. & Henson, R. (۲۰۱۰). *Diagnostic measurement: theory methods, and applications*. New York: The Guilford Press.

## نحوه نصب و فراخوانی بسته CDM

برای نصب بسته به وسیله اتصال به اینترنت، می‌توانید از دستور زیر استفاده کنید:

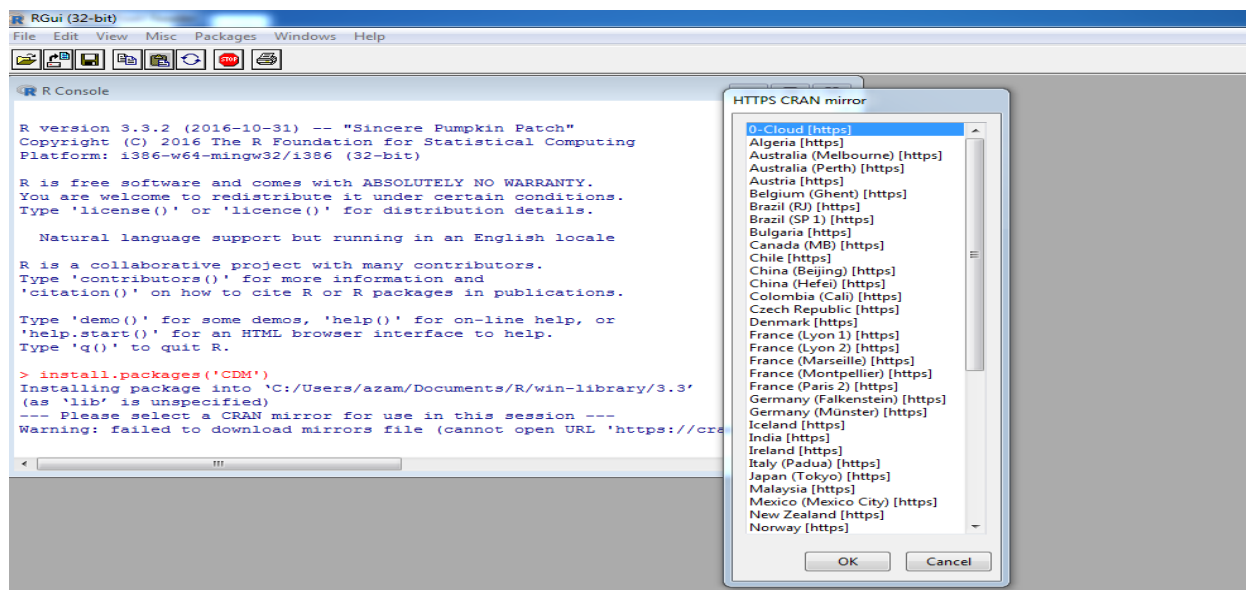
```
>Install.packages('CDM')
```

<sup>۱</sup>. conjunctive condensation rule

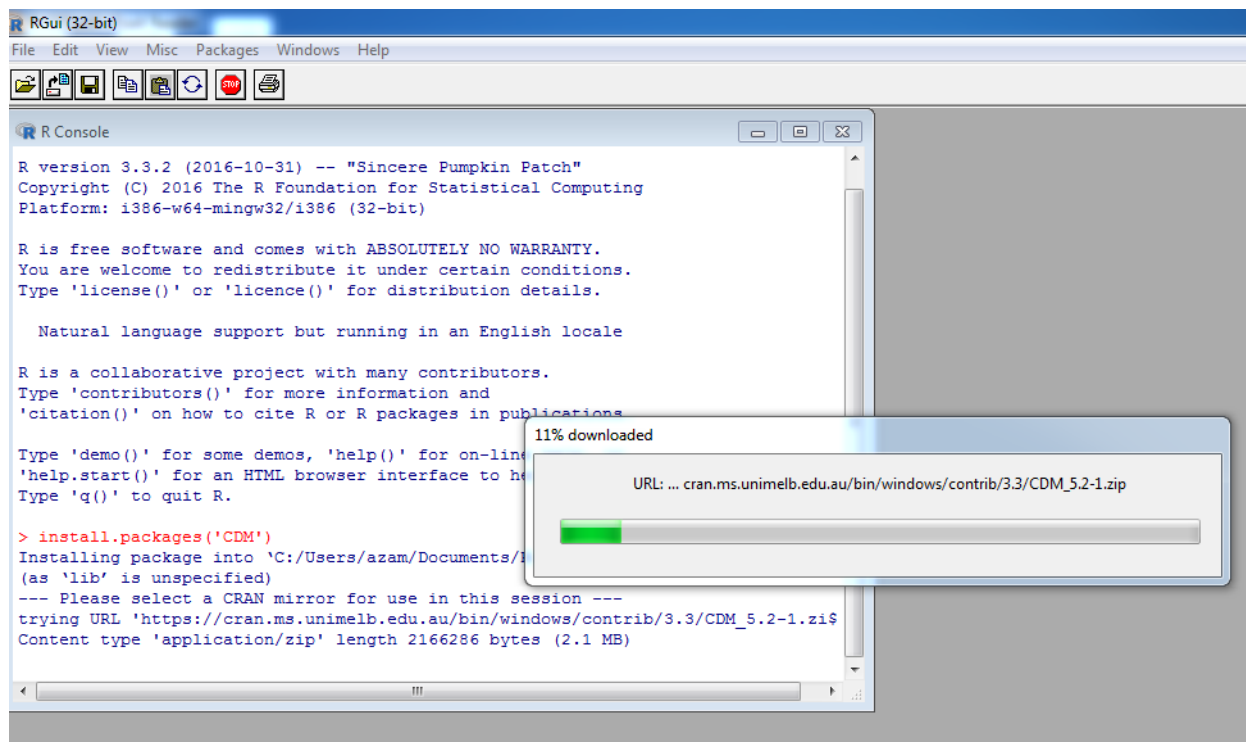
<sup>۲</sup>. Not slipping

مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

پس از کلیک بر روی Enter، پنجره زیر باز می‌شود که در آن سرورهای موجود برای دانلود بسته CDM ارائه شده است. یکی از سرورها را انتخاب کرده و سپس بر روی ok کلیک کنید.



پس از آن بسته به صورت زیر دانلود و نصب می‌شود:





مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

و پیغام زیر ارائه می شود:

```
package 'CDM' successfully unpacked and MD5 sums checked  
The downloaded binary packages are in  
C:\Users\azam\AppData\Local\Temp\RtmpSuAABL\downloaded_packages
```

## مقدمات تحلیل

برای اجرای مدل DINA به دو فایل زیر نیاز است:

۱- پاسخ آزمودنی‌ها به هر یک از سوالات آزمون به صورت یک (درست) و صفر (غلط)

۲- ماتریس کیو برای در مورد مهارت‌های مورد نیاز هر سوال به صورت یک (نیاز) و صفر (عدم نیاز)

## نحوه آماده سازی ماتریس کیو و داده ها

برای آماده سازی ماتریس کیو و داده ها می‌توان آن‌ها را در یک فایل اکسل وارد کرده و سپس فایل‌ها را با پسوند **dat** ذخیره کنید. اگر در فایل داده‌های مربوط به پاسخ آزمودنی‌ها داده‌های گمشده وجود دارد آن‌ها را با **NA** جایگزین کنید. نام فایل داده‌ها را **data** و نام فایل ماتریس کیو را **matrix** می‌توان گذاشت. البته اسم فایل‌ها بر حسب سلیقه تحلیل‌گر تعیین می‌شود.

## نحوه بارگزاری بسته CDM

برای بارگزاری بسته نصب شده CDM از دستور زیر استفاده کنید:

Library(CDM)

پس از کلیک **Enter** پیام زیر مشاهده می‌شود:

```
Loading required package: mvtnorm  
*****  
** CDM 5.2-1 (2016-10-14) **  
** Cognitive Diagnostic Models **  
*****
```

> |

## نحوه فراخوانی داده‌ها و ماتریس کیو

## مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

برای فراخوانی فایل داده‌ها که حاوی پاسخ ۵۳۶ آزمودنی به ۲۰ سوال آزمون کسر است از دستور `read.table` استفاده می‌کنیم:

```
data<-read.table(file.choose(),header=T)
```

در این جا داده‌ها در شی<sup>۱</sup> `data` قرار داده شده است. برای اختصاص نام به داده‌ها از نماد `<-` استفاده شده است. سپس تابع `read.table` را نوشته و در داخل پرانتز `file.choose()` نوشته می‌شود. علاوه بر این، آرگومان `header` مشخص می‌کند آیا فایل داده‌ها دارای نام متغیرها هست یا نه. `T` یعنی خط اول فایل داده (نام مهارت‌ها) فراخوانی شود و `F` یعنی خط اول فایل داده (نام مهارت‌ها) فراخوانی نشود. پس از آن بر دوز `Enter` کلیک می‌کنیم پنجره `select file` باز می‌شود که در آن با مشخص کردن مکان فایل و نام فایل می‌توانیم داده‌ها را فراخوانی کنیم.

برای اطمینان از فراخوانی درست داده‌ها از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
> dim(data)
```

پس از کلیک بر روی `Enter` ابعاد داده‌ها به صورت زیر مشخص می‌شود:

```
[1] 536 20
```

داده‌ها دارای ۵۳۶ آزمودنی و ۲۰ سوال است.

برای فراخوانی فایل ماتریس کیو که حاوی ۲۰ سوال و ۸ مهارت است از دستور زیر استفاده می‌کنیم:

```
matrix<-read.table(file.choose(),header=T)
```

در این جا ماتریس کیو در شیء `matrix` قرار داده شده است. مانند نحوه فراخوانی داده‌ها که در بالا توضیح داده شد عمل شود و برای اطمینان از فراخوانی درست ماتریس از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
> dim(matrix)
```

داده‌ها دارای ۲۰ سوال و ۸ مهارت است:

```
[1] 20 8
```

---

<sup>۱</sup>. object

مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

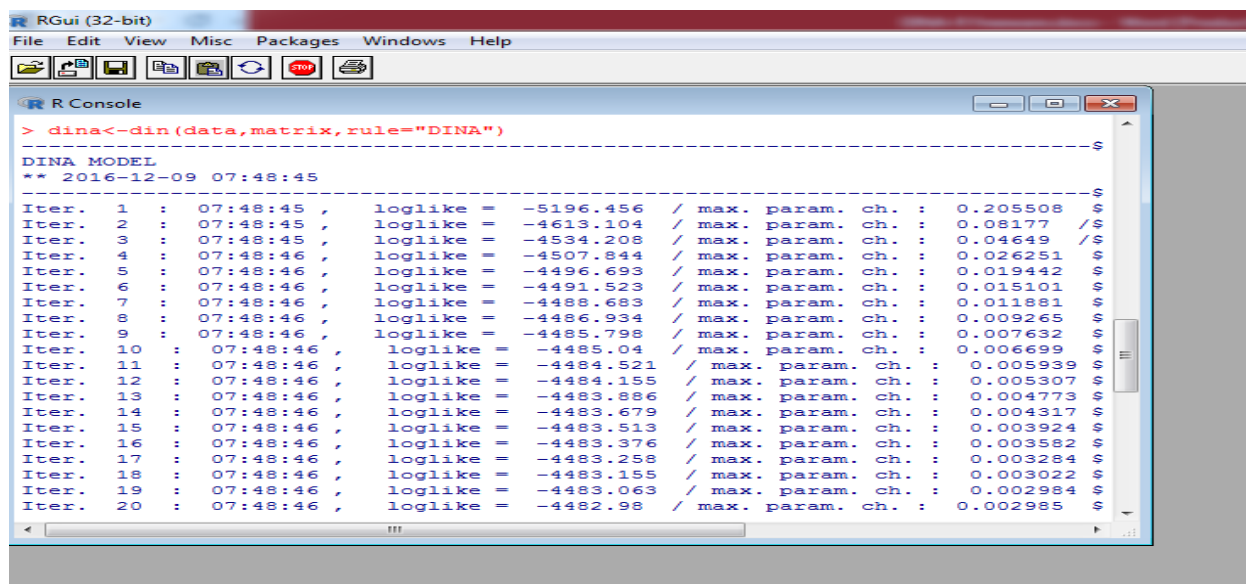
## نوشتن دستور برای اجرای مدل دینا

برای اجرای مدل دینا از دستور زیر می توان استفاده کرد:

```
> dinamodel=din(data,matrix,rule="DINA")
```

ابتدا این دستور را در شیء با نام دلخواه قرار می دهیم. مثلاً در این جا این دستور در شیء dinamodel قرار دارد. حداقل اطلاعات ورودی برای این تابع، داده‌ها، ماتریس کیو و نوع مدل است. پس در داخل پرانتز نام شیء داده‌ها و ماتریس کیو و همچنین قاعده قرار دارد. در این جا از روش DINA استفاده شده است. به همین دلیل DINA (نام مدل) در " " قرار داده شده است.

پس از آن با کلیک enter مدل اجرا می‌شود (شکل زیر).



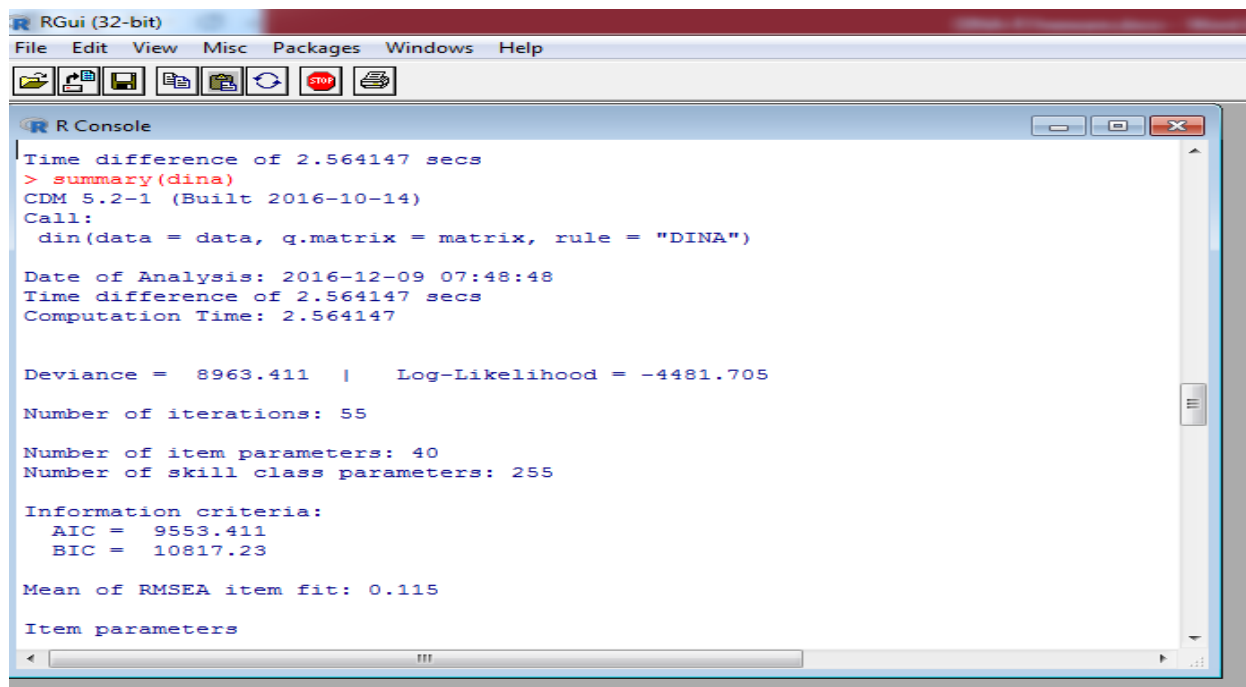
```
> dina<-din(data,matrix,rule="DINA")
-----$
DINA MODEL
** 2016-12-09 07:48:45
-----$
Iter. 1 : 07:48:45 , loglike = -5196.456 / max. param. ch. : 0.205508 $
Iter. 2 : 07:48:45 , loglike = -4613.104 / max. param. ch. : 0.081777 $
Iter. 3 : 07:48:45 , loglike = -4534.208 / max. param. ch. : 0.046499 $
Iter. 4 : 07:48:46 , loglike = -4507.844 / max. param. ch. : 0.026251 $
Iter. 5 : 07:48:46 , loglike = -4496.693 / max. param. ch. : 0.019442 $
Iter. 6 : 07:48:46 , loglike = -4491.523 / max. param. ch. : 0.015101 $
Iter. 7 : 07:48:46 , loglike = -4488.683 / max. param. ch. : 0.011881 $
Iter. 8 : 07:48:46 , loglike = -4486.934 / max. param. ch. : 0.009265 $
Iter. 9 : 07:48:46 , loglike = -4485.798 / max. param. ch. : 0.007632 $
Iter. 10 : 07:48:46 , loglike = -4485.04 / max. param. ch. : 0.006699 $
Iter. 11 : 07:48:46 , loglike = -4484.521 / max. param. ch. : 0.005939 $
Iter. 12 : 07:48:46 , loglike = -4484.155 / max. param. ch. : 0.005307 $
Iter. 13 : 07:48:46 , loglike = -4483.886 / max. param. ch. : 0.004773 $
Iter. 14 : 07:48:46 , loglike = -4483.679 / max. param. ch. : 0.004317 $
Iter. 15 : 07:48:46 , loglike = -4483.513 / max. param. ch. : 0.003924 $
Iter. 16 : 07:48:46 , loglike = -4483.376 / max. param. ch. : 0.003582 $
Iter. 17 : 07:48:46 , loglike = -4483.258 / max. param. ch. : 0.003284 $
Iter. 18 : 07:48:46 , loglike = -4483.155 / max. param. ch. : 0.003022 $
Iter. 19 : 07:48:46 , loglike = -4483.063 / max. param. ch. : 0.002984 $
Iter. 20 : 07:48:46 , loglike = -4482.98 / max. param. ch. : 0.002985 $
```

سپس با نوشتن دستور زیر پارامترهای حدس و لغزش و دیگر مشخصات مدل ارائه می شود:

```
> summary(dinamodel)
```

در شکل بعد بخشی از نتایج قابل ملاحظه است:

مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم



```
RGui (32-bit)
File Edit View Misc Packages Windows Help

R Console
Time difference of 2.564147 secs
> summary(dina)
CDM 5.2-1 (Built 2016-10-14)
Call:
  din(data = data, q.matrix = matrix, rule = "DINA")

Date of Analysis: 2016-12-09 07:48:48
Time difference of 2.564147 secs
Computation Time: 2.564147

Deviance = 8963.411 | Log-Likelihood = -4481.705

Number of iterations: 55

Number of item parameters: 40
Number of skill class parameters: 255

Information criteria:
  AIC = 9553.411
  BIC = 10817.23

Mean of RMSEA item fit: 0.115

Item parameters
```

در این خروجی موارد زیر ارائه می شود:

الف) اطلاعات کلی مربوط به نوع بسته استفاده شده، تابع، تاریخ و ساعت و زمان محاسبه:

```
CDM 5.3-0 (Built 2017-01-11)
Call:
  din(data = data, q.matrix = matrix, rule = "DINA")

Date of Analysis: 2017-01-18 16:34:35
Time difference of 2.716155 secs
Computation Time: 2.716155
```

ب) اطلاعاتی مربوط به برازش مدل: در این بخش deviance، log-likelihood، تعداد تکرارها، تعداد پارامترهای کلاس مهارت، معیارهای اطلاعات و میانگین RMSEA ارائه شده است.

```
Deviance = 8963.411 | Log-Likelihood = -4481.705

Number of iterations: 55

Number of item parameters: 40
Number of skill class parameters: 255

Information criteria:
  AIC = 9553.411
  BIC = 10817.23

Mean of RMSEA item fit: 0.115
```

مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

علاوه بر این دستور `print(dinamodel)` نیز اطلاعاتی مشابه مورد بالا به صورت زیر می دهد:

```
Call:
din(data = data, q.matrix = qmatrix, rule = "DINA")

Number of cases = 536
Number of items = 20
Number of skill dimensions = 8
Number of skill classes = 256
Number of parameters = 295
  # item parameters = 40
  # skill distribution parameters = 255

Log-Likelihood = -4481.71
AIC = 9553
BIC = 10817
```

ج) اطلاعاتی مربوط به پارامترهای سوال در مدل DINA: در این جا اطلاعاتی در مورد پارامترهای سوال در مدل دینا شامل حدس، لغزش، شاخص تشخیص سوال و RMSEA ارائه شده است.

```
Item parameters
  item guess  slip  IDI rmsea
1    i1 0.035 0.096 0.869 0.058
2    i2 0.032 0.041 0.927 0.061
3    i3 0.000 0.124 0.876 0.094
4    i4 0.252 0.245 0.503 0.316
5    i5 0.405 0.172 0.424 0.245
6    i6 0.010 0.043 0.947 0.066
7    i7 0.024 0.196 0.780 0.085
8    i8 0.468 0.117 0.415 0.144
9    i9 0.224 0.241 0.536 0.214
10   i10 0.034 0.203 0.763 0.099
11   i11 0.065 0.085 0.850 0.074
12   i12 0.266 0.041 0.692 0.153
13   i13 0.008 0.332 0.659 0.072
14   i14 0.089 0.066 0.846 0.084
15   i15 0.031 0.108 0.862 0.073
16   i16 0.098 0.104 0.798 0.101
17   i17 0.037 0.140 0.822 0.122
18   i18 0.114 0.136 0.750 0.146
19   i19 0.022 0.216 0.762 0.055
20   i20 0.012 0.116 0.872 0.032
```

د) نتایج مربوط به احتمال حاشیه ای مهارت‌ها: در این جا احتمال موفقیت در هر مهارت ارائه شده است.

```
Marginal skill probabilities:
 skill.prob
s1      0.5741
s2      0.7911
s3      0.6952
s4      0.6733
s5      0.6060
s6      0.7970
s7      0.8287
s8      0.6757
```

مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

ه) نتایج مربوط به همبستگی تتراکوریک بین مهارت ها: همبستگی تتراکوریک بین مهارت‌ها ارائه شده است.

Tetrachoric correlations among skill dimensions

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
s1	1.0000	0.4099	0.4361	0.7244	0.6521	0.5216	0.1259	0.5940
s2	0.4099	1.0000	0.3743	0.3320	0.1979	0.4823	0.8521	0.8718
s3	0.4361	0.3743	1.0000	0.3796	0.5286	0.3672	0.3445	0.4329
s4	0.7244	0.3320	0.3796	1.0000	0.5918	0.6498	0.3028	0.5877
s5	0.6521	0.1979	0.5286	0.5918	1.0000	0.5179	0.1812	0.4075
s6	0.5216	0.4823	0.3672	0.6498	0.5179	1.0000	0.5630	0.5933
s7	0.1259	0.8521	0.3445	0.3028	0.1812	0.5630	1.0000	0.9171
s8	0.5940	0.8718	0.4329	0.5877	0.4075	0.5933	0.9171	1.0000

و) نتایج مربوط به احتمال الگوی مهارت (۲ به توان ۸ مهارت یا ۲۵۶ الگوی مهارت): در اینجا به احتمال مربوط به هر الگوی مهارت ارائه شده است. مثلاً مقدار احتمال مربوط به الگوی مهارتی که در ۸ مهارت موفق شده باشند (۱۱۱۱۱۱۱) برابر با ۰/۳۵۵۱۴ است.

#### Skill Pattern Probabilities

00000000	10000000	01000000	00100000	00010000	00001000	00000100	00000010	00000001	11000000	10100000	10010000	10001000	10000100	10000010	10000001	01100000	01010000
0.00382	0.00382	0.00131	0.00382	0.00382	0.00382	0.00382	0.00387	0.00022	0.00131	0.00382	0.00382	0.00382	0.00382	0.00000	0.00022	0.00131	0.00131
01001000	01000100	01000010	01000001	00110000	00101000	00100100	00100010	00100001	00011000	00010100	00010010	00010001	00001100	00001010	00001001	00000110	00000101
0.00131	0.00131	0.01556	0.00000	0.00382	0.00382	0.00382	0.00387	0.00022	0.00382	0.00382	0.00061	0.00022	0.00382	0.00387	0.00022	0.00387	0.00022
00000011	11100000	11010000	11001000	11000100	11000010	11000001	10110000	10101000	10100100	10100010	10100001	10011000	10010100	10010010	10010001	10001100	10001010
0.00157	0.00131	0.00131	0.00131	0.00131	0.00000	0.00000	0.00382	0.00382	0.00382	0.00000	0.00022	0.00382	0.00382	0.00000	0.00022	0.00382	0.00000
10001001	10000110	10000101	10000011	01110000	01101000	01100100	01100010	01100001	01011000	01010100	01010010	01010001	01001100	01001010	01001001	01000110	01000101
0.00022	0.00000	0.00022	0.00000	0.00131	0.00131	0.00131	0.01556	0.00000	0.00131	0.00131	0.00131	0.00101	0.00000	0.00131	0.00000	0.01556	0.00000
01000011	00111000	00110100	00110010	00110001	00101100	00101010	00101001	00100110	00100101	00100011	00011100	00011010	00011001	00010110	00010101	00010011	00001110
0.02038	0.00382	0.00382	0.00061	0.00022	0.00382	0.00387	0.00022	0.00387	0.00022	0.00157	0.00382	0.00061	0.00022	0.00733	0.00022	0.00000	0.00387
00001101	00001011	00000111	11110000	11101000	11100100	11100010	11100001	11011000	11010100	11010010	11010001	11001100	11001010	11001001	11000110	11000101	11000011
0.00022	0.00157	0.00157	0.00131	0.00131	0.00131	0.00000	0.00000	0.00131	0.00131	0.00058	0.00000	0.00131	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00260
10111000	10110100	10110010	10110001	10101100	10101010	10101001	10100110	10100101	10100011	10011100	10011010	10011001	10010110	10010101	10010011	10001110	10001101
0.00382	0.00382	0.00000	0.00022	0.00382	0.00000	0.00022	0.00000	0.00022	0.00000	0.00382	0.00000	0.00022	0.00001	0.00022	0.00052	0.00000	0.00022
10001011	10000111	01111000	01110100	01110010	01110001	01101100	01101010	01101001	01100110	01100101	01100011	01011100	01011010	01011001	01010110	01010101	01010011
0.00000	0.00000	0.00131	0.00131	0.00101	0.00000	0.00131	0.00085	0.00000	0.01556	0.00000	0.02038	0.00131	0.00000	0.00000	0.00189	0.00000	0.00225
01001110	01001101	01001011	01000111	00111100	00111010	00111001	00110110	00110101	00110011	00101110	00101101	00101011	00100111	00011110	00011101	00011011	00010111
0.00267	0.00000	0.00196	0.02038	0.00382	0.00061	0.00022	0.00733	0.00022	0.00000	0.00387	0.00022	0.00000	0.00157	0.00733	0.00022	0.00000	0.00010
00001111	11111000	11110100	11110010	11110001	11101100	11101010	11101001	11100110	11100101	11100011	11011100	11011010	11011001	11010110	11010101	11010011	11001110
0.00157	0.00131	0.00131	0.00058	0.00000	0.00131	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00260	0.00131	0.00000	0.00000	0.00213	0.00000	0.00000	0.00000
11001101	11001011	11000111	10111100	10111010	10111001	10110110	10110101	10110011	10101110	10101101	10101011	10100111	10011110	10011101	10011011	10010111	10001111
0.00000	0.00000	0.00260	0.00382	0.00000	0.00022	0.00001	0.00022	0.00052	0.00000	0.00022	0.00000	0.00000	0.00001	0.00022	0.00052	0.00059	0.00000
01111100	01111010	01111001	01110110	01110101	01110011	01101110	01101101	01101011	01100111	01011110	01011101	01011011	01010111	01001111	00111110	00111101	00111011
0.00131	0.00000	0.00000	0.00189	0.00000	0.00225	0.01023	0.00000	0.00097	0.02038	0.00230	0.00000	0.00000	0.02071	0.00148	0.00733	0.00022	0.00000
00110111	00101111	00011111	11111100	11111010	11111001	11110110	11110101	11110011	11101110	11101101	11101011	11100111	11011110	11011101	11011011	11010111	11001111
0.00010	0.00000	0.00010	0.00131	0.00000	0.00000	0.00213	0.00000	0.00000	0.00210	0.00000	0.00000	0.00260	0.00234	0.00000	0.00112	0.02850	0.00275
10111110	10111101	10111011	10110111	10101111	10011111	01111110	01111101	01111011	01110111	01101111	01011111	00111111	11111110	11111101	11111011	11110111	11101111
0.00001	0.00022	0.00000	0.00059	0.00000	0.00059	0.00000	0.00000	0.00000	0.02071	0.00987	0.00572	0.00001	0.00334	0.00000	0.00347	0.02850	0.01363
11011111	10111111	10111111	11111111														
0.02463	0.00382	0.03621	0.35514														

مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

## نوشتن دستور برای بررسی روایی ماتریس کیو

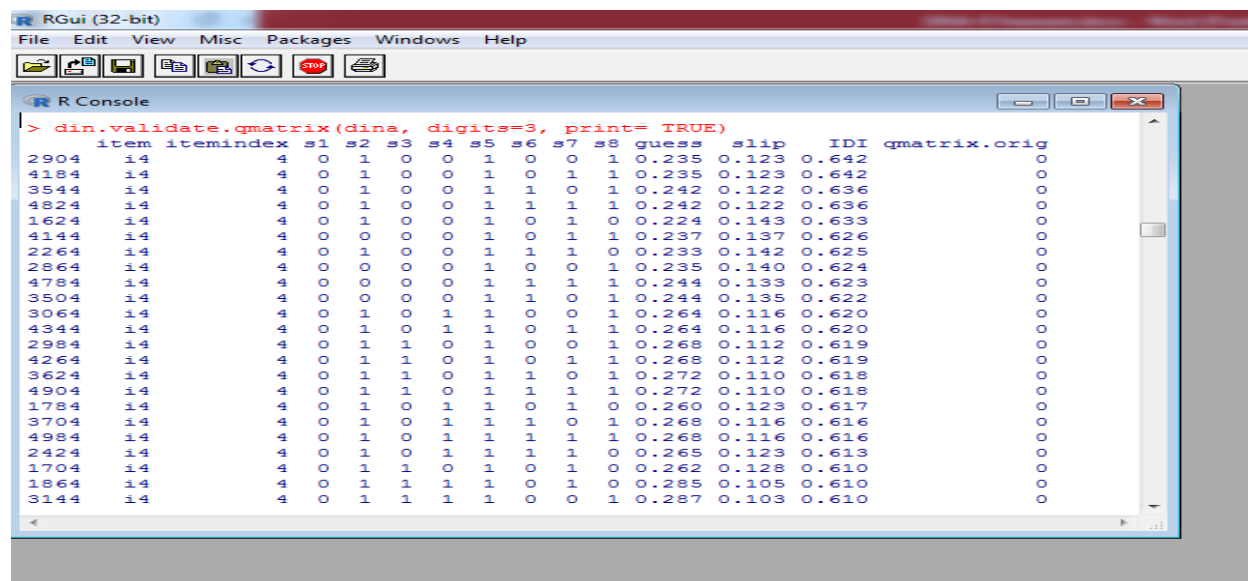
در مدل‌های تشخیصی شناختی برای بررسی روایی و پایایی روش‌های مرسوم می‌که در اندازه‌گیری کلاسیک آزمون قابل استفاده نیست. در این مدل‌ها، لازم است روایی ماتریس کیو چه به صورت کیفی و چه کمی بررسی شود. برای بررسی روایی ماتریس کیو در مدل DINA از روش دلتا<sup>۱</sup> (دی لتره<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸) استفاده می‌شود. برخلاف روش‌های دیگر روایی ماتریس کیو، ماتریس کیو پیشنهادی حاصل از این روش صرفاً مبتنی بر داده‌هاست و اطلاعات مهم در مورد سوالات یا دانش متخصص حیطه را مد نظر قرار نمی‌دهد.

برای این روش از دستور زیر استفاده می‌شود.

```
> din.validate.qmatrix(dinamodel,digits=3,print= TRUE)
```

پس از اجرای دستور فوق اگر ماتریس کیو روا باشد پیشنهادی برای تغییر آن ارائه نمی‌شود ولی اگر ماتریس روا نباشد پیشنهاداتی در اختصاص سوالات به مهارت‌ها ارائه می‌شود.

بخشی از خروجی این دستور در شکل زیر ارائه شده است:



item	itemindex	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	guess	slip	IDI	qmatrix.orig
2904	14	4	0	1	0	0	1	0	0	1	0.235	0.123	0.642
4184	14	4	0	1	0	0	1	0	1	1	0.235	0.123	0.642
3544	14	4	0	1	0	0	1	1	0	1	0.242	0.122	0.636
4824	14	4	0	1	0	0	1	1	1	1	0.242	0.122	0.636
1624	14	4	0	1	0	0	1	0	1	0	0.224	0.143	0.633
4144	14	4	0	0	0	0	1	0	1	1	0.237	0.137	0.626
2264	14	4	0	1	0	0	1	1	1	0	0.233	0.142	0.625
2864	14	4	0	0	0	0	1	0	0	1	0.235	0.140	0.624
4784	14	4	0	0	0	0	1	1	1	1	0.244	0.133	0.623
3504	14	4	0	0	0	0	1	1	0	1	0.244	0.135	0.622
3064	14	4	0	1	0	1	1	0	0	1	0.264	0.116	0.620
4344	14	4	0	1	0	1	1	0	1	1	0.264	0.116	0.620
2984	14	4	0	1	1	0	1	0	0	1	0.268	0.112	0.619
4264	14	4	0	1	1	0	1	0	1	1	0.268	0.112	0.619
3624	14	4	0	1	1	0	1	1	0	1	0.272	0.110	0.618
4904	14	4	0	1	1	0	1	1	1	1	0.272	0.110	0.618
1784	14	4	0	1	0	1	1	0	1	0	0.260	0.123	0.617
3704	14	4	0	1	0	1	1	1	0	1	0.268	0.116	0.616
4984	14	4	0	1	0	1	1	1	1	1	0.268	0.116	0.616
2424	14	4	0	1	0	1	1	1	1	0	0.265	0.123	0.613
1704	14	4	0	1	1	0	1	0	1	0	0.262	0.128	0.610
1864	14	4	0	1	1	1	1	0	1	0	0.285	0.105	0.610
3144	14	4	0	1	1	1	1	0	0	1	0.287	0.103	0.610

۱. Delta Method

۲. de la Torre

## مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

ماتریس کیو طراحی شده، روا تشخیص داده نشده زیرا بعضی از سوالات به مهارت های در نظر گرفته شده برای آن نیاز نداشت و بر عکس بعضی از سوالات به مهارت های در نظر گرفته نشده برای آن نیاز داشت. به همین دلیل پیشنهاداتی در شکل بعد ارائه شده است.

Proposed Q-matrix:

ماتریس پیشنهاد شده:

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
Item1	0	0	0	1	0	1	1	0
Item2	0	0	0	1	0	0	1	0
Item3	0	0	0	1	0	0	1	0
Item4	0	1	0	0	1	0	0	1
Item5	0	1	0	1	0	0	0	1
Item6	0	0	0	0	0	0	1	0
Item7	1	1	0	0	0	0	1	0
Item8	0	0	0	0	0	0	0	1
Item9	0	1	0	0	0	0	0	0
Item10	0	1	0	0	1	0	1	1
Item11	0	1	0	0	1	0	1	0
Item12	0	0	0	0	0	0	1	0
Item13	0	1	0	1	1	0	0	1
Item14	0	1	0	0	0	0	1	0
Item15	1	0	0	0	0	0	1	0
Item16	0	1	0	0	0	0	1	0
Item17	0	1	0	0	1	0	1	0
Item18	0	1	0	0	1	1	1	0
Item19	1	1	1	0	1	0	1	0
Item20	0	1	1	0	1	0	1	0

این ماتریس پیشنهادی با ماتریس ارائه شده توسط متخصصین تفاوت هایی دارد. محقق پس از بررسی دقیق محتوای سوالات و مهارت ها می تواند تغییراتی در ماتریس اولیه اعمال کند. مثلاً برای پاسخگویی به سوال ۴ به مهارت چهارم نیازی نیست. لذا در ماتریس پیشنهادی این درایه به جای یک، صفر است.

ماتریس کیو اولیه:

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
1	0	0	0	1	0	1	1	0
2	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	0	1	0	0	1	0
4	0	0	0	1	0	0	1	0
5	0	1	0	1	0	0	1	0
6	0	0	1	0	1	0	1	1
7	0	0	0	0	0	0	1	0
8	1	1	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1
10	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	0	1	0	1	1
12	0	1	0	0	1	0	1	0
13	0	0	0	0	0	0	1	1
14	0	1	0	1	1	0	1	0
15	0	1	0	0	0	0	1	0
16	1	0	0	0	0	0	1	0
17	0	1	0	0	0	0	1	0
18	0	1	0	0	1	0	1	0
19	0	1	0	0	1	1	1	0
20	1	1	1	0	1	0	1	0
21	0	1	1	0	1	0	1	0

مطالعه منبع زیر در این زمینه مفید است:

de la Torre, J. (۲۰۰۸). An empirically based method of Q-matrix validation for the DINA model: Development and applications. *Journal of Educational Measurement*, ۴۵, ۳۴۳-۳۶۲.



مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

## شاخص تشخیصی شناختی بر اساس اطلاعات کولبک-لیبلر

شاخص تشخیصی شناختی مبتنی بر اطلاعات کولبک-لیبلر<sup>۱</sup> برای بررسی میزان اطلاعات آماری حاصل از یک سوال، مجموعه‌ای از سولات و یا سنجش تشخیصی به کار می‌رود. این شاخص، تفاوت بین توزیع هدف ( $f(x)$ ) و توزیع ملاک ( $g(x)$ ) را اندازه می‌گیرد. وقتی که این دو توزیع یکسان باشند، مقدار اطلاعات کولبک-لیبلر برابر صفر می‌شود و هر چه تفاوت این دو توزیع بیش‌تر باشد مقدار اطلاعات کولبک لیبلر بیش‌تر می‌شود.

```
>cdi.kli(dinamodel)
```

در خروجی می‌توان شاخص تشخیصی آزمون، تشخیص مهارت و تشخیص سوال-مهارت را مورد بررسی قرار داد. بخشی از نتیجه این دستور در تصویر زیر قابل ملاحظه است:

```

Item14 0 1 0 0 0 0 1 0
Item15 1 0 0 0 0 0 1 0
Item16 0 1 0 0 0 0 1 0
Item17 0 1 0 0 1 0 1 0
Item18 0 1 0 0 1 1 1 0
Item19 1 1 1 0 1 0 1 0
Item20 0 1 1 0 1 0 1 0

Ssummary
  item  cdi_test cdi_skill1 cdi_skill2 cdi_skill3 cdi_skill4 cdi_skill5 cdi_skill6 cdi_skill7 cdi_skill8
1 test 13.42747437 1.8222162 5.3679723 0.52490342 6.4010111 2.21278920 0.7879627 16.35040054 1.44396574
2 11 0.55760932 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.6048643 0.0000000 0.6048643 0.6048643 0.0000000
3 12 1.23694024 0.0000000 0.0000000 0.0000000 1.5223880 0.0000000 0.0000000 1.52238799 0.0000000
4 13 3.17607024 0.0000000 0.0000000 0.0000000 3.9090095 0.0000000 0.0000000 3.90900953 0.0000000
5 14 0.12844809 0.0000000 0.1393335 0.0000000 0.1393335 0.0000000 0.0000000 0.13933353 0.0000000
6 15 0.05032444 0.0000000 0.0000000 0.05194781 0.0000000 0.05194781 0.0000000 0.05194781 0.05194781
7 16 2.03219971 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 3.61279949 0.0000000
8 17 0.46165741 0.5007809 0.5007809 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.50078092 0.0000000
9 18 0.25103957 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.44629257 0.0000000
10 19 0.36009073 0.0000000 0.6401613 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000
11 110 0.21776407 0.0000000 0.2247887 0.0000000 0.0000000 0.22478872 0.0000000 0.22478872 0.22478872
12 111 0.49286157 0.0000000 0.5346295 0.0000000 0.0000000 0.53462950 0.0000000 0.53462950 0.53462950
13 112 0.58576102 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.72093664 0.72093664
14 113 0.21837147 0.0000000 0.2254157 0.0000000 0.2254157 0.22541571 0.0000000 0.22541571 0.0000000
15 114 0.85550043 0.0000000 1.0529236 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 1.05292361 0.0000000
16 115 0.97552305 1.2006438 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 1.20064376 0.0000000
17 116 0.71006938 0.0000000 0.8739315 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.87393155 0.0000000
18 117 0.47933214 0.0000000 0.5199535 0.0000000 0.0000000 0.51995351 0.0000000 0.51995351 0.0000000
19 118 0.17737652 0.0000000 0.1830983 0.0000000 0.0000000 0.18309834 0.1830983 0.18309834 0.0000000
20 119 0.11937602 0.1207915 0.1207915 0.12079154 0.0000000 0.12079154 0.0000000 0.12079154 0.0000000
21 120 0.34115893 0.0000000 0.3521641 0.35216406 0.0000000 0.35216406 0.0000000 0.35216406 0.0000000

attr(,"class")
[1] "cdi.kli"

```

برای کسب اطلاعات بیشتر به منبع زیر مراجعه شود:

Rupp, A. A., Templin, J., & Henson, R. A. (۲۰۱۰). *Diagnostic Measurement: Theory, Methods, and Applications*. New York: The Guilford Press. Chapter ۱۳ (Item Discrimination Indices for DCMs)

<sup>۱</sup>. Kullback-Leibler information (KLI)

مقدمه ای بر مدل‌های تشخیصی شناختی با استفاده از بسته CDM در نرم افزار R- اعظم مقدم

## پارامتر حدس و لغزش در هر یک از طبقات پنهان

تابع زیر پارامترهای حدس و لغزش در هر یک از طبقات پنهان را می دهد:

```
> dinamodel$coef
```

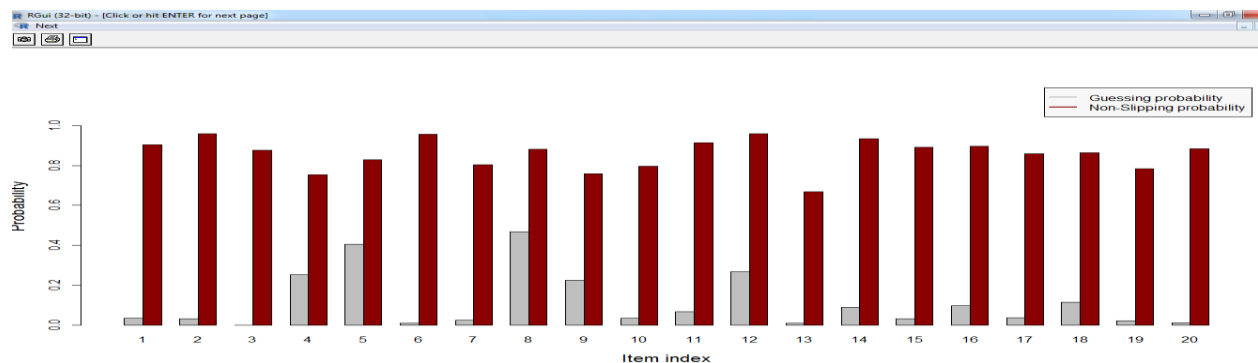
خروجی این تابع ۲۵۶ احتمال (۲ به توان ۸ مهارت) را ارائه می دهد. در تصویر زیر بخشی از این خروجی آمده است:

11_guess	11_slip	12_guess	12_slip	13_guess
3.493564e-02	9.562547e-02	3.167161e-02	4.117719e-02	1.878856e-08
13_slip	14_guess	14_slip	15_guess	15_slip
1.237237e-01	2.520042e-01	2.447425e-01	4.046072e-01	1.715134e-01
16_guess	16_slip	17_guess	17_slip	18_guess
9.705613e-03	4.298354e-02	2.361423e-02	1.959769e-01	4.677656e-01
18_slip	19_guess	19_slip	110_guess	110_slip
1.172867e-01	2.235435e-01	2.406676e-01	3.389734e-02	2.032839e-01
111_guess	111_slip	112_guess	112_slip	113_guess
6.545312e-02	8.503139e-02	2.664082e-01	4.107098e-02	8.402477e-03
113_slip	114_guess	114_slip	115_guess	115_slip
3.321708e-01	8.868989e-02	6.583209e-02	3.052050e-02	1.076898e-01
116_guess	116_slip	117_guess	117_slip	118_guess
9.775313e-02	1.037371e-01	3.749739e-02	1.402119e-01	1.137575e-01
118_slip	119_guess	119_slip	120_guess	120_slip
1.357742e-01	2.210923e-02	2.164174e-01	1.174132e-02	1.161906e-01
prob_class1	prob_class2	prob_class3	prob_class4	prob_class5
3.821424e-03	3.821424e-03	1.311822e-03	3.821424e-03	3.821424e-03
prob_class6	prob_class7	prob_class8	prob_class9	prob_class10
3.821424e-03	3.821424e-03	3.873834e-03	2.182973e-04	1.311822e-03

## ترسیم نمودار

به منظور ترسیم نمودار احتمال حدس و عدم لغزش از تابع زیر می توان استفاده کرد:

```
> plot(dinamodel)
```



## تشکر و قدردانی

از راهنمایی و همراهی بی دریغ جناب آقای دکتر امین موسوی، استاد دانشگاه Saskatchewan، در اصلاح و ویرایش این متن آموزشی سپاسگزارم.