



Escalonamento multidimensional e análises de correspondência

Você vai explorar o escalonamento multidimensional e a análise de correspondência, além de ser introduzido à modelagem de equações estruturais, incluindo análise factorial confirmatória e teste de modelo estrutural com exemplos ilustrativos.

Profa. Manoela Gonçalves Cabo

1. Itens iniciais

Objetivos

- Avaliar o escalonamento multidimensional e a análise de correspondência, considerando seu funcionamento, aplicações e estrutura de decisão no mapeamento perceptual.
- Investigar técnicas básicas e avançadas de análise multivariada, com foco na modelagem de equações estruturais, na análise fatorial confirmatória e na validação de modelos estruturais.

Introdução

Neste conteúdo, serão abordadas técnicas estatísticas multivariadas avançadas que auxiliam na análise e interpretação de dados complexos, com foco na tomada de decisão e na compreensão de padrões em grandes volumes de informações.

Inicialmente, será apresentado o escalonamento multidimensional (MDS), uma técnica de interdependência que busca representar graficamente, em um espaço de poucas dimensões, as relações de similaridade ou dissimilaridade entre objetos. A proposta é oferecer uma visão simplificada de seu funcionamento, destacando suas principais aplicações e comparando-o com outras técnicas multivariadas.

Também será explorada uma estrutura de decisão voltada ao mapeamento perceptual, que permite identificar como consumidores percebem marcas, produtos ou serviços. Nesse contexto, será introduzida ainda a análise de correspondência, uma ferramenta útil para o estudo de relações entre variáveis categóricas.

Na sequência, o conteúdo avança para técnicas mais sofisticadas de análise multivariada, ampliando o repertório metodológico com a modelagem de equações estruturais (SEM – *Structural Equation Modeling*). Esta abordagem permite testar relações complexas entre variáveis observáveis e latentes, sendo amplamente utilizada em pesquisas nas áreas de ciências sociais, comportamento do consumidor, educação e psicologia.

Serão discutidos os princípios da SEM, a análise fatorial confirmatória (CFA) como etapa preliminar da modelagem, e os procedimentos para testar um modelo estrutural. Para facilitar a compreensão, será apresentado um exemplo simples de aplicação da SEM, bem como uma ilustração prática da CFA.

Ao final deste conteúdo, você estará apto a reconhecer, interpretar e aplicar essas técnicas, contribuindo para análises mais profundas e fundamentadas em diversos contextos de pesquisa e prática profissional.

1. Conceito de escalonamento multidimensional (MDS)

Conceito de escalonamento multidimensional (MDS)

Para começarmos, no vídeo a seguir, conheça o conceito de escalonamento multidimensional.



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

O escalonamento multidimensional (MDS) se refere a uma série de técnicas que nos ajudam a identificar dimensões-chave inerentes a avaliações feitas por respondentes quanto a objetos, e então posicionar tais objetos neste espaço dimensional.



Exemplo

Por exemplo, o escalonamento multidimensional frequentemente é usado em marketing para identificar dimensões-chave inerentes a avaliações que os consumidores fazem quanto a produtos, serviços ou empresas. Outras aplicações comuns incluem a comparação de qualidades físicas, por exemplo, sabores de alimentos ou aromas, percepções sobre candidatos ou questões políticas, e até mesmo a avaliação de diferenças culturais entre grupos distintos.

As técnicas de escalonamento multidimensional podem inferir as dimensões subjacentes usando apenas uma série de julgamentos de similaridades ou preferência fornecidos por respondentes quanto a objetos.

Com os dados em mãos, o escalonamento multidimensional pode ajudar a determinar o número e a importância relativa das dimensões usadas pelos respondentes quando avaliam objetos, e como os objetos estão relacionados em termos de percepção sobre essas dimensões, geralmente retratadas graficamente.

As dimensões são características de um objeto. Pode-se imaginar que um objeto específico possui dimensões percebidas/subjetivas (p. ex., caro, frágil) e objetivas (p. ex., cor, preço, características).

Dimensão objetiva

São características físicas ou tangíveis de um objeto que têm uma base objetiva de comparação. Por exemplo, um produto tem tamanho, forma, cor, peso e assim por diante.

Dimensão subjetiva

Ou dimensão percebida seria uma atribuição subjetiva, por parte do respondente, de aspectos a um objeto, a qual representa suas características intangíveis. Exemplos incluem “qualidade”, “caro” e “boa aparência”.

Essas dimensões percebidas são únicas do respondente individual e podem exibir pouca correspondência com dimensões objetivas reais. Sendo assim, as dimensões são a base para comparação.

Qual é a base para a posição relativa de cada objeto? Por que A e B são mais parecidos do que quaisquer outros pares de objetos (p.ex., A e D)? O que representam os eixos do espaço multidimensional?

Antes de tentarmos responder a qualquer uma dessas questões, primeiramente devemos reconhecer que qualquer objeto pode ser imaginado como tendo dimensões que representam as percepções de um indivíduo quanto a atributos ou combinações deles. Essas dimensões podem representar um único atributo/percepção ou ideia, ou podem ser uma composição de qualquer número de atributos (p.ex., reputação).

Escalonamento multidimensional (MDS), também conhecido como mapeamento perceptual, é um procedimento que permite a um pesquisador determinar a imagem relativa percebida de um conjunto de objetos (empresas, produtos, ideias ou outros itens associados a percepções comumente consideradas).

O objetivo do MDS é transformar julgamentos de consumidores quanto à similaridade ou preferência (p.ex., preferência por lojas ou marcas), em distâncias representadas em espaço multidimensional.

Escalonamento multidimensional é baseado na comparação de objetos (p.ex., produto, serviço, pessoa, aroma). O MDS difere de outros métodos multivariados no sentido de usar apenas uma medida geral de similaridade ou preferência.

Para executar uma análise de escalonamento multidimensional, o pesquisador realiza três passos básicos:

1

Passo 1

Reunir medidas de similaridade e/ou de preferência no conjunto inteiro de objetos a serem analisados.

2

Passo 2

Usar técnicas MDS para estimar a posição relativa de cada objeto em espaço multidimensional.

3

Passo 3

Identificar e interpretar os eixos do espaço dimensional em termos de atributos perceptuais e/ou objetivos.

Considere que os objetos A e B sejam julgados por respondentes como os mais parecidos se comparados com todos os outros possíveis pares de objetos (AC, BC, AD e assim por diante). Técnicas MDS posicionam os objetos A e B de modo que a distância entre eles no espaço multidimensional seja menor do que a distância entre quaisquer outros pares de objetos.

O mapa perceptual resultante, também conhecido como mapa espacial, mostra a posição relativa de todos os objetos, como mostrado no gráfico abaixo. Mapa espacial ou perceptual é a representação visual de percepções que um respondente tem sobre objetos em duas ou mais dimensões.

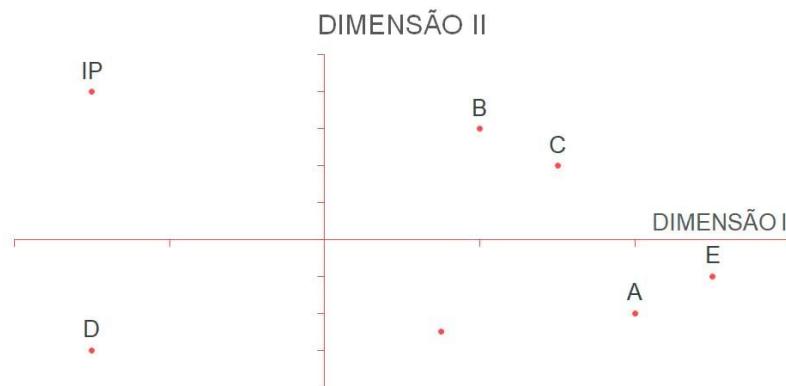
Geralmente, esse mapa tem níveis opostos de dimensões nos extremos dos eixos X e Y, como de “doce” a “azedo” nos extremos do eixo X, e de “caro” a “barato” nos extremos do eixo Y. Cada objeto tem uma posição espacial no mapa perceptual que reflete a similaridade ou preferência relativa a outros objetos no que se refere às dimensões do mapa perceptual.



Exemplo

Por exemplo, um fabricante pode perceber seu produto (um ventilador) como tendo duas opções de cor (preto e branco), uma velocidade mais rápida e outra devagar, que são as dimensões objetivas. Os clientes, contudo, podem (ou não) ver esses atributos. Os clientes podem focar numa dimensão percebida, como o ventilador ser caro ou frágil.

Veja a seguir o mapa espacial ou perceptual para esse produto:



Mapa especial ou perceptual.

Visão simplificada do MDS e sua comparação com outras técnicas

No vídeo, conheça a visão simplificada do escalonamento multidimensional.



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Para facilitar uma melhor compreensão dos procedimentos básicos em escalonamento multidimensional, primeiro apresentamos um exemplo simples para ilustrar os conceitos básicos inerentes ao MDS, e o procedimento pelo qual ele transforma julgamentos de similaridades nas posições espaciais correspondentes. Seguimos os três passos básicos descritos anteriormente.

O primeiro passo é obter julgamentos de similaridade de um ou mais respondentes. Aqui solicitamos aos respondentes uma medida única de similaridade para cada par de objetos.

Para o exemplo acima, o fabricante está interessado em compreender percepções de consumidores quanto a seis tipos de ventiladores que estão no mercado. Em vez de tentar reunir informações sobre avaliações de

consumidores quanto aos ventiladores em vários atributos, o fabricante reunia apenas percepções de similaridades ou dissimilaridades gerais.

Os dados normalmente são coletados com respondentes que fornecem respostas globais simples a declarações como as seguintes:

- Avalie as similaridades dos produtos A e B em uma escala de 10 pontos.
- O produto A é mais similar a B do que a C.
- Gosto mais do produto A do que do produto B.

A seguir, veja um exemplo de como fazer o posicionamento a partir da similaridade.



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Se quisermos ilustrar a similaridade entre os ventiladores graficamente, uma primeira tentativa será esboçar uma única escala de similaridades e ajustar todos os ventiladores a ela. Nesta representação unidimensional de similaridades, distância representa a similaridade. Assim, os objetos mais próximos na escala são mais parecidos, e os mais distantes são menos semelhantes.



Atenção

O objetivo é posicionar os ventiladores na escala de forma que as ordenações sejam mais bem representadas (ordem 1 é a mais próxima, ordem 2 é a segunda mais próxima, e assim por diante).

Tentemos ver como colocaríamos alguns dos objetos. Posicionar dois ou três ventiladores é trivial. O primeiro teste real acontece com quatro objetos. Escolhemos os ventiladores A, B, C e D. A Tabela abaixo mostra que a ordenação dos pares é como se segue: AB < AD < BD < CD < BC < AC (cada par de letras indica a distância [similaridade] entre os elementos do par).

A partir desses valores, devemos colocar os quatro ventiladores em uma única escala, de forma que os mais semelhantes (AB) sejam os mais próximos, e os menos similares (AC) sejam os mais distantes entre si. Veja na tabela a seguir:

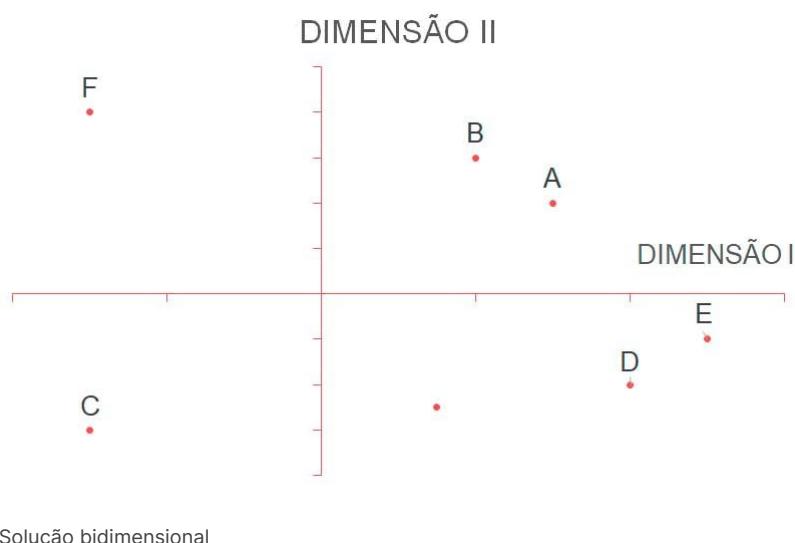
Ventilador	A	B	C	D	E	F
A	-	2	13	4	3	8
B		-	12	6	5	7
C			-	9	10	11
D				-	1	14
E					-	15

Ventilador	A	B	C	D	E	F
F						-

Renda e idade de seis indivíduos
Manoela Gonçalves Cabo

Como o escalonamento unidimensional não ajusta bem os dados, uma solução bidimensional deve ser tentada. Isso permite que uma outra escala (dimensão) seja usada para configurar os ventiladores.

A solução bidimensional produzida por um programa MDS é mostrada a seguir. Essa configuração combina exatamente com as ordens da Tabela acima, apoiando a noção de que o respondente muito provavelmente usou duas dimensões para avaliar os ventiladores.



Solução bidimensional

A conjectura de que pelo menos dois atributos (dimensões) foram considerados é baseada na incapacidade de representar as percepções do respondente em uma dimensão. No entanto, ainda não estamos cientes de quais atributos o respondente usou em sua avaliação.

Apesar de não dispormos de informação a respeito de quais dimensões estamos usando, podemos olhar para as posições relativas dos ventiladores e inferir quais atributos elas representam.



Exemplo

Por exemplo, suponha que os ventiladores A, B e F são uma forma de combinação (digamos, potente e bonito, potente e mais velocidades), e C, D e E são apenas potentes. Poderíamos inferir que a dimensão horizontal representa o tipo de ventilador (potente versus combinação beleza e potência). Quando olhamos a posição das barras de ventiladores na dimensão vertical, outros atributos também podem emergir, como os descriptores daquela dimensão.

O MDS permite aos pesquisadores a compreensão sobre a similaridade entre objetos (p.ex., ventiladores) por meio da solicitação de somente percepções de similaridade geral. O procedimento também pode ajudar na determinação de quais atributos realmente entram nas percepções de similaridade.

Apesar de não incorporarmos diretamente as avaliações de atributo no procedimento MDS, podemos usá-las em análises posteriores para auxiliar na interpretação das dimensões e dos impactos que cada atributo tem sobre as posições relativas dos ventiladores.

O escalonamento multidimensional pode ser comparado com as outras técnicas de interdependência, como análise fatorial e análise de agrupamentos, com base em sua abordagem para definir estrutura:

Análise fatorial

Define estrutura reunindo variáveis em variáveis estatísticas que representam dimensões inerentes no conjunto original de variáveis. Variáveis que se correlacionam fortemente são agrupadas.

Análise de agrupamento

Define estrutura reunindo objetos de acordo com seus perfis em um conjunto de variáveis (a variável estatística de agrupamento), no qual objetos muito próximos entre si são colocados juntos.

O MDS difere das análises fatorial e de agrupamentos em dois aspectos-chave: (1) uma solução pode ser obtida para cada indivíduo; e (2) não é usada uma variável estatística

Em MDS, cada respondente fornece avaliações de todos os objetos considerados, de forma que pode ser obtida uma solução para cada indivíduo, o que não é possível em análise de agrupamentos ou análise fatorial. Assim, o foco não está nos objetos em si, mas no modo como o indivíduo percebe os mesmos.

A estrutura a ser definida é referente às dimensões perceptuais de comparação para os indivíduos. Assim que as dimensões perceptuais são definidas, as comparações relativas entre objetos também podem ser feitas.



Saiba mais

Comparação com análise de correspondência (CA): A análise de correspondência (CA) é uma técnica relacionada com metas parecidas. A CA infere as dimensões inerentes que são avaliadas, bem como o posicionamento de objetos, ainda que siga uma abordagem bastante diferente.

Primeiro, em vez de usar avaliações gerais de similaridade ou preferência relativas a objetos, cada um deles é avaliado (em termos não-métricos) sobre uma série de atributos. Em seguida, com esta informação, a CA desenvolve as dimensões de comparação entre objetos e coloca cada objeto neste espaço dimensional para permitir comparações entre objetos e atributos, simultaneamente.

Estrutura de decisão para mapeamento perceptual e análise de correspondência

O mapeamento perceptual engloba uma vasta gama de possíveis métodos, incluindo MDS, e todas essas técnicas podem ser vistas por meio do processo de construção de modelo introduzido anteriormente de seis estágios.

Esse passos correspondem a uma estrutura de decisão, dentro da qual todas as técnicas de mapeamento perceptual podem ser aplicadas e, os resultados, avaliados.

No **estágio 1**, objetivos do MDS, analisamos o problema de pesquisa, que é escolher objetivos: Identificar dimensões avaliativas não reconhecidas; avaliação comparativa de objetos. Especificação de pesquisa: identificar todos os objetos relevantes; escolher entre dados de similaridade ou de preferência; selecionar uma análise desagregada ou agregada.

O mapeamento perceptual, MDS em particular, é muito adequado para atingir dois objetivos:

- Como técnica exploratória, para identificar dimensões não reconhecidas que afetam o comportamento.
- Como um meio para obter avaliações comparativas de objetos quando as bases específicas de comparação são desconhecidas ou indefinidas.

No **estágio 2**, projeto de pesquisa do MDS, apesar de o MDS parecer muito simples em termos computacionais, os resultados, assim como em outras técnicas multivariadas, são fortemente influenciados por diversas questões-chave que devem ser resolvidas antes que a pesquisa possa prosseguir.

Cobrimos quatro das principais questões, que variam de discussões sobre delineamento de pesquisa (seleção da abordagem e de objetos ou estímulos para estudo) até aspectos metodológicos específicos (métodos métricos versus não métricos) e métodos de coleta de dados.

No **estágio 3**, suposições da análise de MDS, o escalonamento multidimensional não tem suposições restritivas sobre a metodologia, tipo de dados ou forma das relações entre as variáveis, mas o MDS exige que o pesquisador aceite três princípios fundamentais sobre percepção:

Variação em dimensionalidade

Os respondentes podem variar na dimensionalidade que usam para formar suas percepções sobre um objeto (apesar de se imaginar que a maioria das pessoas julga em termos de um número limitado de características ou dimensões).

Variação em importância

Os respondentes não precisam associar o mesmo nível de importância a uma dimensão, mesmo que todos os respondentes percebam essa dimensão. Por exemplo, dois respondentes percebem um refrigerante em termos de seu nível de gás, mas um pode considerar essa dimensão sem importância, enquanto outro pode considerá-la muito relevante.

Variação no tempo

Os julgamentos de um estímulo em termos de dimensões ou níveis de importância não precisam permanecer estáveis com o tempo. Em outras palavras, não se pode esperar que os respondentes mantenham as percepções durante longos períodos.

No **estágio 4**, faz-se a determinação da solução MDS e avaliação do ajuste geral. Hoje em dia, os programas MDS básicos disponíveis em todos os principais programas estatísticos podem acomodar os diferentes tipos de dados de entrada e de representações espaciais, bem como as variadas alternativas de interpretação.

No entanto, como acontece com outras técnicas multivariadas, existe um desenvolvimento contínuo em aplicações e teoria.

A execução de um MDS, no software R, pode ser utilizado pela função “metaMDS”. Para maiores detalhes veja a documentação do R, por metaMDS (*Nonmetric Multidimensional Scaling with Stable Solution from Random Starts, Axis Scaling and Species Scores*):

plain-text

```
metaMDS(NMDSdata, distance="euclidian", k=2, trymax=100)
```

É possível informar ao R quantas dimensões queremos (k=) e quantas vezes ele irá procurar pelo resultado mais simples (trymax=).



Dica

Teoricamente, quanto mais dimensões(eixos) pedirmos, menor o valor de STRESS. Lembrando que apenas dois eixos serão ilustrados. Portanto, deixe claro quantos eixos foram arbitrariamente escolhidos.

No **estágio 5**, tem-se a identificação das dimensões, com procedimentos subjetivos e procedimentos objetivos. No **estágio 6**, faz-se a validação dos mapas perceptuais, com o uso de amostras particionadas ou multi-amostras, e convergência de resultados decomposicionais e compositionais.

Verificando o aprendizado

Questão 1

Descreva o conceito de escalonamento multidimensional (MDS).

Chave de resposta

O escalonamento multidimensional (MDS) se refere a uma série de técnicas que nos ajudam a identificar dimensões-chave inerentes a avaliações feitas por respondentes quanto a objetos, e então posicionar tais objetos neste espaço dimensional.

Por exemplo, o escalonamento multidimensional frequentemente é usado em marketing para identificar dimensões-chave inerentes a avaliações que os consumidores fazem quanto a produtos, serviços ou empresas.

Outras aplicações comuns incluem a comparação de qualidades físicas, por exemplo, sabores de alimentos ou aromas, percepções sobre candidatos ou questões políticas, e, até mesmo, a avaliação de diferenças culturais entre grupos distintos.

As técnicas de escalonamento multidimensional podem inferir as dimensões subjacentes usando apenas uma série de julgamentos de similaridades ou preferência fornecidos por respondentes quanto a objetos.

Com os dados em mãos, o escalonamento multidimensional pode ajudar a determinar o número e a importância relativa das dimensões usadas pelos respondentes quando avaliam objetos, e como os objetos estão relacionados em termos de percepção sobre essas dimensões, geralmente retratadas graficamente.

Escalonamento multidimensional (MDS), também conhecido como mapeamento perceptual, é um procedimento que permite a um pesquisador determinar a imagem relativa percebida de um conjunto de objetos (empresas, produtos, ideias ou outros itens associados a percepções comumente consideradas).

O objetivo do MDS é transformar julgamentos de consumidores quanto à similaridade ou preferência (p.ex., preferência por lojas ou marcas) em distâncias representadas em espaço multidimensional.

Questão 2

Para desenvolver o MDS, temos que colocar os objetos em ordem em uma matriz de similaridade. Escolhemos os ventiladores A, B, C e D. A ordenação dos pares é como se segue: AB < AD < BD < CD < BC < AC (cada par de letras indica a distância [similaridade] entre os elementos do par). Como fica a matriz de similaridade nesse caso, sendo ordenadas de 1 até 6?

Chave de resposta

A partir desses valores, devemos colocar os quatro ventiladores em uma única escala, de forma que os mais semelhantes (AB) sejam os mais próximos, e os menos similares (AC) sejam os mais distantes entre si. Tendo a matriz de similaridade nesse caso, sido ordenadas de 1 até 6:

Ventilador	A	B	C	D
A	-	1	6	2
B		-	5	3
C			-	4
D				

Renda e idade de seis indivíduos

Manoela Gonçalves Cabo

Questão 3

O mapeamento perceptual engloba uma vasta gama de possíveis métodos, incluindo MDS, e todas essas técnicas podem ser vistas por meio do processo de construção de modelo introduzido anteriormente de seis estágios. Descreva o estágio 1 do mapeamento percentual.

Chave de resposta

No estágio 1, objetivos do MDS, analisamos o problema de pesquisa: Identificar dimensões avaliativas não reconhecidas; avaliação comparativa de objetos. Especificação de pesquisa: Identificar todos os objetos

relevantes; escolher entre dados de similaridade ou de preferência; selecionar uma análise desagregada ou agregada.

O mapeamento perceptual, MDS em particular, é muito adequado para atingir dois objetivos: Como técnica exploratória, para identificar dimensões não reconhecidas que afetam o comportamento; e como um meio para obter avaliações comparativas de objetos quando as bases específicas de comparação são desconhecidas ou indefinidas.

Introdução à modelagem de equações estruturais

Assista ao vídeo e compreenda o que é a modelagem de equações estruturais.



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

Muito frequentemente a adoção de uma nova técnica é retardada pela mistificação de especialistas que não passam ou não podem passar seu conhecimento para outros.

Além disso, os pesquisadores de hoje estão diante de diversas técnicas novas e animadoras que se proliferam mais do que nunca, e que podem estender suas capacidades para lidar com problemas que eram difíceis ou até impossíveis de resolver antes.



Este conteúdo oferece uma introdução estendida de algumas dessas técnicas para fornecer uma compreensão geral dos procedimentos, o conhecimento de quando elas podem ser aplicadas, e como seu funcionamento deve viabilizar ao usuário a aplicação dessas técnicas em problemas básicos.

De forma alguma seremos capazes de cobrir tudo o que há de novo em análise multivariada. Selecionamos, então, um importante avanço para se lidar com múltiplas relações de dependência (modelagem de equações estruturais). Ela representa a técnica multivariada que mais tem crescido em popularidade nos últimos 20 anos.

Apresentaremos então uma introdução à modelagem de equações estruturais, a análise fatorial confirmatória (CFA) e teste de um modelo estrutural.

Um dos principais objetivos de técnicas multivariadas é expandir a habilidade explanatória do pesquisador e a eficiência estatística. Regressão múltipla, análise fatorial, análise multivariada de variância, análise discriminante e as outras técnicas fornecem ao pesquisador ferramentas poderosas para resolver uma vasta gama de questões administrativas e teóricas.



Atenção

Todas elas também compartilham de uma limitação em comum: Cada técnica pode examinar somente uma relação por vez. Mesmo as técnicas que permitem múltiplas variáveis dependentes, como a análise multivariada de variância e a análise canônica, ainda representam apenas uma relação entre as variáveis dependentes e independentes.

Muito comumente, porém, o pesquisador se defronta com um conjunto de questões inter-relacionadas.

Por exemplo, quais variáveis determinam a imagem de uma loja? Como essa imagem se combina com outras variáveis para afetar decisões de compra e satisfação com a loja? Como a satisfação com a loja resulta em lealdade a longo prazo?

Essa série de questões tem importância administrativa e teórica. No entanto, nenhuma das técnicas multivariadas que examinamos nos permite tratar de todas essas questões com um só método abrangente. Em outras palavras, esses métodos não nos permitem testar a teoria inteira do pesquisador com uma técnica que considere toda a informação possível.

Por essa razão, examinamos agora a técnica de modelagem de equações estruturais (SEM), uma extensão de diversas técnicas multivariadas que já estudamos, mais precisamente da regressão múltipla e da análise fatorial.



Atenção

Modelagem de equações estruturais (SEM) é uma família de modelos estatísticos que buscam explicar as relações entre múltiplas variáveis. Fazendo isso, ela examina a estrutura de inter-relações expressas em uma série de equações, semelhante a uma série de equações de regressão múltipla. Tais equações descrevem todas as relações entre construtos (as variáveis dependentes e independentes) envolvidos na análise.

Construtos são inobserváveis ou fatores latentes representados por múltiplas variáveis (como variáveis representando um fator em análise fatorial). Até aqui, cada técnica multivariada foi classificada como uma técnica de dependência ou interdependência.

A SEM pode ser vista como uma combinação única de ambos os tipos de técnicas, pois a fundamentação da SEM é encontrada em dois métodos multivariados conhecidos: Análise fatorial e análise de regressão múltipla.

A SEM é conhecida por muitos nomes: Análise estrutural de covariância, análise de variável latente, e, às vezes, simplesmente pelo nome do pacote computacional especializado usado (p.ex., um modelo LISREL ou AMOS).

Apesar de diferentes caminhos poderem ser usados para testar modelos SEM, todos os modelos de equações estruturais são distinguidos por três características:

- Estimação de relações de dependência múltiplas e inter-relacionadas.
- Uma habilidade para representar conceitos não observados nessas relações e corrigir erro de mensuração no processo de estimação.
- Definição de um modelo para explicar o conjunto inteiro de relações

A diferença mais óbvia entre SEM e outras técnicas multivariadas é o uso de relações separadas para cada conjunto de variáveis dependentes. Em termos simples, SEM estima uma série de equações de regressão

múltipla separadas, mas interdependentes, simultaneamente, pela especificação do modelo estrutural usado pelo programa estatístico.

Primeiro, o pesquisador baseia-se em teoria, experiência prévia e nos objetivos da pesquisa para distinguir quais variáveis independentes preveem cada variável dependente. Em nosso exemplo anterior, primeiro queríamos prever a imagem da loja. Em seguida queríamos usar essa imagem para prever satisfação, sendo que ambas foram usadas para prever lealdade à loja.



Atenção

Assim, algumas variáveis dependentes se tornam independentes em relações subsequentes, dando origem à natureza interdependente do modelo estrutural. Além disso, muitas das mesmas variáveis afetam cada uma das variáveis dependentes, mas com diferentes efeitos.

O modelo estrutural expressa essas relações entre variáveis independentes e dependentes, mesmo quando uma variável dependente se torna independente em outras relações.

As relações propostas são então traduzidas em uma série de equações estruturais (semelhantes a equações de regressão) para cada variável dependente.

Essa característica coloca SEM como um caso à parte das técnicas discutidas anteriormente que acomodam múltiplas variáveis dependentes – análise multivariada de variância e correlação canônica –, no sentido de que elas permitem apenas uma relação entre variáveis dependentes e independentes.

A SEM também tem a habilidade de incorporar variáveis latentes na análise. Um construto latente (também chamado de variável latente) é um conceito teorizado e não observado que pode ser representado por variáveis observáveis ou mensuráveis.

Ele é medido indiretamente pelo exame de consistência entre múltiplas variáveis medidas, algumas vezes chamadas de variáveis manifestas, ou indicadores, os quais são reunidos por meio de vários métodos de coleta de dados (como levantamentos, testes e métodos observacionais).



Comentário

Porém, por que iríamos querer usar uma variável latente que não podemos medir diretamente, em vez de medidas exatas que os respondentes forneceram? Apesar de isso poder soar como uma abordagem absurda ou de “caixa-preta”, esse procedimento tem justificativa prática e teórica. Ou seja, ele melhora a estimativa estatística, representa melhor conceitos teóricos e explica diretamente o erro de mensuração.

A modelagem de equações estruturais examina uma série de relações de dependência simultaneamente. Ela é particularmente útil quando uma variável dependente se torna independente em relações subsequentes de

dependência. Este conjunto de relações, cada uma com variáveis dependentes e independentes, é a base da SEM.

Como vimos, uma fundamentação teórica válida para delinear uma análise SEM é uma necessidade, pois a definição de modelos de mensuração e estruturais é completamente controlada pelo pesquisador. Distinções como aquela entre relações de dependência e as correlacionais, ou as medidas associadas com cada construto, têm um profundo impacto sobre o modelo resultante.

No entanto, com suporte teórico adequado, a SEM se torna uma poderosa ferramenta analítica para acadêmicos e profissionais que estudam relações complexas em muitas áreas.

A SEM é a única técnica multivariada que permite a estimativa simultânea de múltiplas equações. Essas equações representam a maneira como construtos se relacionam com itens de indicadores medidos, bem como o modo como construtos se relacionam entre si.



Atenção

Logo, quando técnicas SEM são empregadas para testar uma teoria estrutural, elas são equivalentes à execução de análise fatorial e análise de regressão em um passo. A SEM tem se tornado um método extremamente popular nas Ciências Sociais por conta dessas vantagens estratégicas.

Apesar de a SEM ser frequentemente referida como uma modelagem causal, inferências causais somente são possíveis quando a evidência é consistente com as quatro condições para causalidade já mencionadas. A SEM pode fornecer evidência de covariação sistemática e pode ajudar na demonstração de que uma relação não é ilegítima.

Se os dados são longitudinais, a SEM também pode ajudar a estabelecer a sequência de relações. Contudo, depende do pesquisador o estabelecimento de suporte teórico. Assim, a SEM é útil para definir uma inferência causal, mas ela não pode fazer isso sozinha.

Deve-se compreender as características distintas da SEM. A SEM é uma abordagem flexível para examinar como as coisas se relacionam entre si. Assim, as aplicações da SEM podem parecer bastante distintas.

No entanto, três características fundamentais da SEM são:

1. A estimativa de múltiplas relações de dependência interrelacionadas.
2. Uma habilidade para representar conceitos não observados em tais relações e corrigir erros de mensuração no processo de estimativa.
3. Um foco na explicação da covariância entre os itens medidos.

Vários objetivos importantes de aprendizado foram apresentados acima. Tais objetivos reunidos oferecem uma visão básica da SEM. Esta visão básica deve viabilizar uma melhor compreensão das ilustrações mais específicas que seguem nas próximas análises.

Funcionamento do MDS com a comparação de outras técnicas

Assista ao vídeo e conheça o funcionamento do MDS.



Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

A teoria de mensuração pode ser representada com um modelo que mostra como variáveis medidas se unem para representar construtos.

A análise factorial confirmatória (CFA) nos permite testar o quanto bem as variáveis medidas representam os construtos. A principal vantagem é que o pesquisador pode testar analiticamente uma teoria conceitualmente fundamentada, explicando como diferentes itens medidos descrevem importantes medidas psicológicas, sociológicas ou de negócios.

Quando resultados de CFA são combinados com testes de validade de construto, os pesquisadores podem obter um melhor entendimento da qualidade de suas medições.



Comentário

A importância de se avaliar a qualidade de medidas em um modelo comportamental não pode ser superestimada. Não existem conclusões válidas sem medidas válidas. Os procedimentos descritos demonstram como a validade de um modelo de mensuração pode ser testada usando-se CFA e SEM.

CFA é uma maneira de testar as quanto bem variáveis medidas representam menos construtos. O capítulo ilustra este processo mostrando como a CFA é parecida com outras técnicas multivariadas. Em seguida, um exemplo simples é dado. Uns poucos aspectos importantes da CFA são discutidos antes de se descrever os estágios da CFA com mais detalhes e demonstrar a técnica com uma ilustração estendida.

A EFA explora os dados e fornece ao pesquisador informação sobre quantos fatores são necessários para melhor representar os dados.

Com EFA, todas as variáveis medidas são relacionadas com cada fator por uma estimativa de carga factorial. Uma estrutura simples resulta quando cada variável medida carrega muito sobre apenas um fator, e tem cargas menores sobre outros fatores (isto é, cargas $< 0,4$).



Atenção

A característica notável de EFA é que os fatores foram derivados de resultados estatísticos e não de teoria, e assim eles somente podem ser nomeados depois que a análise factorial é executada. A EFA pode ser conduzida sem que se saiba quantos fatores realmente existem, ou quais variáveis pertencem a quais construtos. Neste contexto, CFA e EFA não são a mesma técnica.

A análise factorial confirmatória (CFA) é semelhante à EFA em alguns aspectos, mas filosoficamente é muito diferente. Com a CFA, o pesquisador deve especificar o número de fatores que existem dentro de um conjunto de variáveis, e sobre qual fator cada variável irá carregar elevadamente antes que resultados possam ser computados.



Comentário

A técnica não designa variáveis a fatores. Ao invés disso, o pesquisador deve ser capaz de fazer essa designação antes que quaisquer resultados possam ser obtidos. SEM é então aplicada para testar o grau em que o padrão a priori de cargas fatoriais do pesquisador representa os dados reais.

Assim, ao invés de permitir que o método estatístico determine o número de fatores e cargas, como em EFA, a estatística de CFA nos diz o quanto bem nossa especificação dos fatores combina com a realidade (os dados verdadeiros). Em um certo sentido, CFA é uma ferramenta que nos permite confirmar ou rejeitar nossa teoria pré-concebida.

CFA é usada para fornecer um teste confirmatório de nossa teoria de mensuração. Modelos SEM frequentemente envolvem uma teoria de mensuração e uma teoria estrutural. Uma teoria de mensuração específica como variáveis medidas representam lógica e sistematicamente construtos envolvidos em um modelo teórico.

Em outras palavras, a teoria de mensuração especifica uma série de relações que sugerem como variáveis medidas representam um construto latente que não é diretamente medido.

A teoria de mensuração demanda que um construto seja primeiramente definido. Portanto, diferentemente da EFA, com a CFA um pesquisador usa teoria de mensuração para especificar *a priori* o número de fatores, bem como quais variáveis carregam sobre tais fatores.

Esta especificação é frequentemente referida como a maneira que os construtos conceituais em um modelo de mensuração são operacionalizados. CFA não pode ser conduzida sem uma teoria de mensuração. Em EFA, não é necessária tal teoria, e nem a habilidade de se definir construtos antecipadamente.

Decisão para mapeamento perceptual e a análise de correspondência

Assista ao vídeo e conheça mais sobre mapeamento perceptual.

Conteúdo interativo

Acesse a versão digital para assistir ao vídeo.

A meta da teoria de mensuração é produzir maneiras de medir conceitos de uma forma confiável e válida. Teorias de mensuração são testadas pela qualidade com que as variáveis indicadoras de construtos teóricos se relacionam entre si. As relações entre os indicadores são capturadas em uma matriz de covariância.

CFA testa uma teoria de mensuração pelo fornecimento de evidência sobre a validade de medidas individuais com base no ajuste geral do modelo e outras evidências de validade de construto.

CFA por si só é limitada em sua habilidade para examinar a natureza de relações entre construtos além de simples correlações.



Comentário

Uma teoria de mensuração é então frequentemente um meio para a meta de examinar relações entre construtos, e não propriamente a meta em si.

Uma teoria estrutural é uma representação conceitual das relações entre construtos. Ela pode ser expressa em termos de um modelo estrutural que representa a teoria com um conjunto de equações estruturais, e é geralmente descrita com um diagrama visual. Modelos estruturais são conhecidos por diversos nomes, incluindo um modelo teórico ou, ocasionalmente, um modelo causal.

Um modelo causal infere que as relações atendam às condições necessárias para causalidade. As condições para causalidade foram discutidas antes e o pesquisador deve ser muito cuidadoso para não descrever que o modelo tenha inferências causais, a menos que todas as condições sejam atendidas.

A transição de um modelo de mensuração para um estrutural é estritamente a aplicação da teoria estrutural em termos de relações entre construtos. O modelo estrutural aplica a teoria estrutural pela especificação de quais construtos são relacionados entre si e da natureza de cada relação.

Modelos estruturais diferem de modelos de mensuração no sentido de que a ênfase passa da relação entre construtos latentes e variáveis medidas para a natureza e magnitude das relações entre construtos.

Modelos de mensuração são testados usando-se apenas CFA. O modelo CFA é então alterado com base na natureza de relações entre construtos. O resultado é a especificação de um modelo estrutural usado para testar o modelo teórico suposto. Sempre que um modelo é modificado, a matriz de covariância estimada muda, com base no conjunto de relações estimadas sob uso. A matriz de covariância observada não muda.



Comentário

Na maioria dos casos, o ajuste do modelo estrutural não será o mesmo que o ajuste do modelo de CFA. Existe uma situação especial na qual as qualidades de ajuste dos modelos de CFA e estrutural são idênticas, pois o pesquisador estima uma única relação direta entre cada par de construtos. É incomum entre as situações nas quais modelos mais realistas e complexos são representados.

Uma outra técnica avançada é a Análise de Correspondência (AC). A AC permite a visualização gráfica das categorias das variáveis em uma tabela de contingência e, assim, verifica o grau de interação entre elas. Os conceitos principais da Análise de Correspondência são os perfis de linha ou coluna e a distância qui-quadrado.

Ou seja, Análise de Correspondência é um método de análise gráfica de tabelas de contingência, e seus conceitos principais exemplificam uma análise de associação. A Análise de Correspondência pode ser realizada de diversas formas no estudo da relação entre duas variáveis, até evoluir para a Análise de Correspondência Múltipla (ACM).

Verificando o aprendizado

Questão 1

Descreva o conceito de Modelagem de equações estruturais (SEM):

Chave de resposta

Modelagem de equações estruturais (SEM) é uma família de modelos estatísticos que buscam explicar as relações entre múltiplas variáveis. Fazendo isso, ela examina a estrutura de inter-relações expressas em uma série de equações, semelhante a uma série de equações de regressão múltipla. Tais equações descrevem todas as relações entre construtos (as variáveis dependentes e independentes) envolvidos na análise. Construtos são inobserváveis ou fatores latentes representados por múltiplas variáveis (como variáveis representando um fator em análise fatorial). Até aqui, cada técnica multivariada foi classificada como uma técnica de dependência ou interdependência. A SEM pode ser vista como uma combinação única de ambos os tipos de técnicas, pois a fundamentação da SEM encontrada em dois métodos multivariados conhecidos: análise fatorial e análise de regressão múltipla.

Questão 2

Descreva o conceito de análise fatorial confirmatória (CFA):

Chave de resposta

A análise fatorial confirmatória (CFA) nos permite testar o quanto bem as variáveis medidas representam os construtos. A principal vantagem é que o pesquisador pode testar analiticamente uma teoria conceitualmente fundamentada, explicando como diferentes itens medidos descrevem importantes medidas psicológicas, sociológicas ou de negócios. Quando resultados de CFA são combinados com testes de validade de construto, os pesquisadores podem obter um melhor entendimento da qualidade de suas medições. CFA é uma maneira de testar se quanto bem variáveis medidas representam menos construtos. O

capítulo ilustra este processo mostrando como a CFA é parecida com outras técnicas multivariadas. Em seguida, um exemplo simples é dado. Uns poucos aspectos importantes da CFA são discutidos antes de se descrever os estágios da CFA com mais detalhes e demonstrar que técnica com uma ilustração estendida.

Questão 3

Defina uma teoria estrutural:

Chave de resposta

Uma teoria estrutural é uma representação conceitual das relações entre construtos. Ela pode ser expressa em termos de um modelo estrutural que representa a teoria com um conjunto de equações estruturais e é geralmente descrita com um diagrama visual. Modelos estruturais são conhecidos por diversos nomes, incluindo um modelo teórico ou, ocasionalmente, um modelo causal. Um modelo causal infere que as relações atendem às condições necessárias para causalidade. As condições para causalidade foram discutidas antes e o pesquisador deve ser muito cuidadoso para não descrever que o modelo tem inferências causais, a menos que todas as condições sejam atendidas.

Considerações finais

O que você aprendeu neste conteúdo?

- A definição do escalonamento multidimensional (MDS) como técnica de interdependência.
- A representação gráfica das relações de similaridade ou dissimilaridade entre objetos.
- A comparação do MDS com outras técnicas multivariadas de análise.
- A estrutura de decisão aplicada ao mapeamento perceptual.
- A introdução da análise de correspondência como ferramenta para variáveis categóricas.
- A apresentação da modelagem de equações estruturais (SEM) como técnica avançada de análise.
- A descrição da análise fatorial confirmatória (CFA) como etapa da SEM.
- A ilustração prática da aplicação da SEM e da CFA em contextos de pesquisa.
- A ampliação do repertório metodológico para a análise de dados complexos.

Explore +

Pesquise na internet, sites, vídeos e artigos relacionados ao conteúdo visto.

Em caso de dúvidas, converse com seu professor online por meio dos recursos disponíveis no ambiente de aprendizagem.

No site da UFMG, acesse o [Manual de introdução ao R com exemplos práticos de aplicação](#).

Referências

HAIR JR., J.F. *et al.* **Análise Multivariada de Dados**. 6.ed. Porto Alegre, Bookman, 2009.

MINGOTI, S. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.