

Comparação entre o método TOPSIS na tomada de decisão multicritério, a análise de incerteza pelo critério de Hurwicz para um problema de roteirização.

Tibério Bruno Rocha e Cruz – UTFPR
Daiane Maria de Genaro Chiroli – UTFPR
Hidelbrando Ferreira Rodrigues– UFAM
Rodrigo Corrêa Machado Gonçalves– UTFPR
Francielly Siguel – UTFPR

E-mail para contato: cruz.rocha.bruno@gmail.com

Eixo Temático: (2.1.4 Engenharia de Produção)

Categoria: comunicação oral

RESUMO

O artigo presente tem por objetivo analisar a tomada de decisão em um problema de traslado de um indivíduo em uma situação hipotética, embora, com dados reais; onde a questão da segurança, considerada como principal, também foi posteriormente analisada com o auxílio do critério de Hurwicz. Primeiramente foi utilizado o método TOPSIS e posteriormente, foi calculado o valor esperado com o critério de Hurwicz usando como peso a incerteza, ou seja, o otimismo do indivíduo. Por fim foi possível comparar os resultados obtidos entre o método TOPSIS e a análise feita com o critério de Hurwicz.

Palavras-chave: Topsis, Hurwicz, Roteirização.

1. INTRODUÇÃO

A análise de decisão multicritério tem visto uma quantidade incrível de uso nas últimas décadas. Seu papel em diferentes áreas de aplicação aumentou significativamente, especialmente à medida que novos métodos se desenvolvem e como os métodos antigos melhoram.

Nesse artigo será dada ênfase a questão da segurança haja vista que embora as estatísticas apontem que exista uma baixa probabilidade de alguém ser vítima de danos físicos; o risco e o medo psicológico são bem reais, tornando as decisões mais complexas. Basta apenas um evento desfavorável para que se incorram conseqüências catastróficas para a vida de uma pessoa.

O caso estudado foi uma situação simples e cotidiana envolvendo um problema de traslado e roteirização. O problema trata de uma pessoa que se encontra distante de casa e precisa tomar a decisão de como voltar para sua casa.

A pessoa sujeita ao problema possui as seguintes alternativas de deslocamento: caminhando, ônibus e UBER. Já os critérios analisados são: tempo, distância, custo, segurança e conforto. Embora a solução pelo método TOPSIS sejam relativamente de baixa complexidade os resultados obtidos não simplificam a decisão. Tomar uma decisão dessa natureza no cotidiano não é tão simples devido a fatores de incerteza fruto do risco relativo à segurança.

Foi utilizado neste estudo o método TOPSIS; e posteriormente, com o uso do critério de Hurwicz, foi feita uma análise de incerteza sobre as alternativas levando em conta o otimismo ou pessimismo.

2. METODOLOGIA

2.1. Método TOPSIS

O TOPSIS é “uma abordagem para identificar uma alternativa que está mais próxima da solução ideal e mais distante solução não-ideal em um espaço de computação multidimensional” (Qin et al., 2008, p. 2166) e possui inúmeras vantagens.

A palavra TOPSIS vem do inglês que significa “Técnica de ordem de preferência por Similaridade para a Solução Ideal”. Tem um processo simples, fácil de usar e programável. O número de etapas permanece o mesmo, independentemente do número de atributos. Uma desvantagem é que seu uso da distância euclidiana não considera a correlação de atributos. É difícil avaliar os atributos e manter a consistência do julgamento, especialmente com atributos adicionais.

O método pode ser descrito como a comparação de um conjunto de alternativas, com peso para cada critério, normalização dos pesos e assim calcula-se a distância geométrica entre cada alternativa e a alternativa ideal, ou seja, a maior pontuação de cada critério (PONTES, 2012).

A vantagem de sua simplicidade e sua capacidade de manter o a mesma quantidade de passos, independentemente do tamanho do problema, permitiu que fosse utilizada rapidamente para rever outros métodos ou para por si só como uma ferramenta de tomada de decisão.

2.2. Critério Hurwicz

Segundo Sheng et al., (2013) baseado em medidas incertas, o critério de valor otimista e o critério de valor pessimista de variáveis incertas foi introduzido para lidar com problemas de otimização em ambientes incertos.

Aplicado o critério de valor otimista para considerar os objetivos é essencialmente uma abordagem maximax, que maximiza o retorno máximo incerto. Essa abordagem sugere que o tomador de decisão, que é atraído por altos retornos, faça alguma aventura. A filosofia subjacente baseia-se na seleção da alternativa que fornece o retorno menos incerto. Sugere que o decisor que está em busca de cautela; havendo pelo menos um benefício mínimo conhecido no caso de um resultado desfavorável.

O critério Hurwicz também pode ser chamado de método do coeficiente otimista, projetado pelo professor de economia Leonid Hurwicz em 1951. É um critério complexo de tomada de decisão que tenta encontrar a área intermediária entre os extremos pelos critérios otimistas e pessimistas. Em vez de assumir totalmente otimista ou pessimista, o critério de Hurwicz incorpora uma medida de ambos atribuindo uma certa porcentagem de peso ao otimismo e o equilíbrio ao pessimismo.

Com o critério de Hurwicz, o decisor primeiro deve selecionar subjetivamente um coeficiente p denotando o grau de otimismo, onde:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

simultaneamente, $1 - \alpha$ representa uma medida do pessimismo do decisor.

A Tabela 1 apresenta os extremos dos valores de alfa e seu respectivo grau de incerteza, assim como o seu ponto médio.

Tabela 1 – Graus de incerteza para α .

$\alpha = 0$	<i>Máximo pessimismo</i>
$\alpha = 0.5$	<i>Neutro</i>
$\alpha = 1$	<i>Máximo otimismo</i>

Fonte: adaptado Sheng et al, (2013).

Para o cálculo do valor esperado de cada alternativa de decisão, o máximo retorno (Mi) será multiplicado pelo coeficiente de otimismo α , e o retorno mínimo multiplicado (mi) pelo coeficiente $1 - \alpha$, somando os resultados obtidos.

$$EV = \alpha.Mi + (1-\alpha).mi$$

Depois de calcular o retorno médio ponderado de cada alternativa, é possível selecionar a alternativa com o melhor retorno como decisão escolhida.

2.3. Dados utilizados

No caso analisado temos as seguintes alternativas: caminho 1 - mais curto e mais perigoso, caminho 2 - mais longo e mais seguro, ônibus e UBER. Foram simulados alguns dos critérios como: distância e tempo. A tabela a seguir mostra os dados estimados:

Figura 1 – Tabela com dados estimados.

	Tempo	Distancia	Custo	Segurança	Conforto
Caminhando 1	22min	1,8km	R\$ -	1	5
Caminhando 2	41min	3,8km	R\$ -	6	3
Ônibus	16min + 14(espera)	1,8km	R\$ 3,80	7	7
UBER	4min + 5(espera)	1,7km	R\$ 12,00	10	10

Fonte: Autor(2019).

Para uma aproximação de uma situação real os dados foram estimados utilizando Google Maps e o aplicativo UBER.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. MÉTODO TOPSIS

Na aplicação do método TOPSIS, utilizamos a distância entre a alternativa ideal e anti-ideal. A ideal é aquela que apresenta a solução otimizada com relação aos atributos em questão, já a não-ideal é a que menos satisfaz os atributos.

Assim, o método ira fornecer a alternativa que esteja mais próxima da ideal e distante da não-ideal.

Para executar o método, devem-se seguir alguns passos:

1º: Definir a matriz de decisão, os critérios e seus respectivos pesos e suas notas:

Figura 2 – Matriz de decisão

	MATRIZ DE DECISÃO				
	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
wj	6		8	8	4
Alternativas	Tempo	Distância	Custo	Segurança	Conforto
Caminhando 1	22	1,5	1	6	4
Caminhando 2	41	3,8	1	1	2
Ônibus	30	2	3,8	7	6
UBER	9	1,9	12	10	10
Soma	102	9,2	17,8	24	22

Fonte: Autor (2019).

2º: Normalização da matriz:

Figura 3 – Matriz normalizada

	MATRIZ NORMALIZADA				
	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
wj	6	7	8	8	4
Alternativas	Tempo	Distância	Custo	Segurança	Conforto
Caminhando 1	0,39223227	0,30429	0,07895	0,4399413	0,320256
Caminhando 2	0,730978322	0,770869	0,07895	0,0733236	0,160128
Ônibus	0,534862187	0,40572	0,3	0,5132649	0,480384
UBER	0,160458656	0,385434	0,94738	0,7332356	0,800641

Fonte: Autor (2019).

3º: Ponderar a Matriz normalizada utilizando a equação

$$V_{ij} = W_j * R_{ij}$$

- V_{ij} = novo escore;
- W_j = peso do critério;

Figura 4 – Matriz normalizada ponderada

	MATRIZ NORMALIZADA PONDERADA				
	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
wj	6	7	8	8	4
Alternativas	Tempo	Distância	Custo	Segurança	Conforto
Caminhando 1	2,353393622	2,130032	0,63159	3,5195308	1,281025
Caminhando 2	4,385869931	5,396081	0,63159	0,5865885	0,640513
Ônibus	3,20917312	2,840043	2,40003	4,1061192	1,921538
UBER	0,962751936	2,698041	7,57905	5,8658846	3,202563

Fonte: Autor (2019).

4º: Determinar as alternativas ideais e anti-ideais com as equações:

Figura 5 – Solução ideal A* e Anti-ideal A-

	SOLUÇÃO IDEAL A* E ANTI-IDEAL A-					
Solução	-	-	-	+	+	
A* (ideal)	0,962751936	2,130032	0,63159	5,8658846	3,202563	Mínimo
A- (anti-ideal)	4,385869931	5,396081	7,57905	0,5865885	0,640513	Máximo

Fonte: Autor (2019).

5º: Calcular as distâncias euclidianas com as formulas:

Figura 6 – Matriz das distâncias entre as alternativas e a solução ideal

	DISTÂNCIA DE CADA ALTERNATIVA (A*)						
	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX		
wj	6	7	8	8	4		
Alternativas	Tempo	Distância	Custo	Segurança	Conforto	Di*	Si*
Caminhando 1	1,933884298	0	0	5,5053763	3,692308	11,13156833	3,336401
Caminhando 2	11,71773681	10,66708	0	27,870968	6,564103	56,8198853	7,537897
Ônibus	5,046408137	0,504115	3,1274	3,0967742	1,641026	13,41572285	3,662748
UBER	0	0,322634	48,2673	0	0	48,58989877	6,970646

Fonte: Autor (2019).

Figura 7 – Matriz das distâncias entre as alternativas e a solução não-ideal

	DISTÂNCIA DE CADA ALTERNATIVA (A-)						
	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX		
wj	6	7	8	8	4		
Alternativas	Tempo	Distância	Custo	Segurança	Conforto	Di-	Si-
Caminhando 1	4,130959949	10,66708	48,2673	8,6021505	0,410256	72,07771011	8,489859
Caminhando 2	0	0	48,2673	0	0	48,26726502	6,947465
Ônibus	1,384615385	6,533333	26,8222	12,387097	1,641026	48,76830998	6,983431
UBER	11,71773681	7,279424	0	27,870968	6,564103	53,43223098	7,309735

Fonte: Autor (2019).

6º: Calcular a proximidade relativa das alternativas com a solução ideal:

Figura 8 – Matriz com a proximidade relativa e o ranking das melhores alternativas

	PROXIMIDADE RELATIVA			RANKING
	Si*	Si-	C*	
A1	0,333640051	0,848986	0,33936	1
A2	0,753789661	0,694746	0,16164	4
A3	0,366274799	0,698343	0,2605	2
A4	0,697064551	0,730974	0,17796	3

Fonte: Autor (2019).

Após a realização de todos os passos da metodologia TOPSIS, considerando os critérios e pesos pré-estabelecidos, os dados da Figura 8 nos mostram que a melhor alternativa é o Caminho 1 (A1).

3.2. CRITÉRIO HURWICZ

Para utilizar o critério de Hurwicz foi necessário estipular valores para o o coeficiente α de incerteza. Os valores estimados foram os seguintes para cada situação:

Figura 9 – Tabela de valores para o otimismo.

	Critério de Hurwicz	SEGURANÇA	Resultado
Caminho 1	0,3	1,000	0,3
Caminho 2	0,5	6,000	3
Ônibus	0,8	7,000	5,6
UBER	0,95	10,000	9,5

Fonte: Autor (2019).

O valor de α estimado para o caminho 1: 0,3 ou seja pessimista; para o caminho 2: 0,5 portanto neutro; para o ônibus: 0,8 e para o UBER: 0,95 ambos otimistas devido ao baixo risco para segurança.

Contudo é importante ressaltar que outros valores poderiam ser usados. Pessoas com outros níveis de otimismo e pessimismo teriam outros valores para α levando a outros resultados. Desta forma o critério de Hurwicz é extremamente pessoal e depende de cada individuo.

Assim, os valores estimados referentes aos riscos de segurança em cada alternativa são hipotéticos e superestimados dado que os riscos estatísticos de um evento desfavorável acontecer são bem menores do que os representados na tabela. Porém o que importante na análise não são os dados estatísticos, mas sim a realidade subjetiva da pessoa, levando a pessoa a crer que os riscos podem ser maiores ou não.

Por fim, para calcular o valor esperado de cada alternativa que a pessoa em questão dispõe foi utilizando a equação:

$$EV = \alpha.Mi + (1-\alpha).mi$$

Os valores de α usados foram os valores apresentados na Figura 9. Os valores usados para máximo retorno foram todas 10, ou seja, considerando que tudo ocorreu bem. Em contrapartida os valores usados para o retorno mínimo foram os mesmos valores usados para o critério da segurança no cálculo do método TOPSIS para que haja uma coerência entre os três métodos. Desta forma os resultados encontrados foram:

Figura 10 – Resultado dos cálculos do valores esperado.

Alternativas	Máximo payoff	Minimo payoff	Valor esperado
Caminhando 1	10	1,000	3,7
Caminhando 2	10	6,000	8
Ônibus	10	7,000	9,4
UBER	10	10,000	10

Fonte: Autor (2019).

Os resultados encontrados levaram a seguinte ordem final de escolha: UBER, ônibus, caminhando 2 e por ultimo caminhando 1. O resultado obtido é coerente com as escolhas dos respectivos valores de α .

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ordem obtida pelo método TOPSIS foi: caminhando 1, ônibus, UBER e caminhando 2. O peso dado ao risco de um evento desfavorável no critério da segurança, pensando em sua proporção catastrófica, se tornaria muito maior dada a sua dimensão psicológica. Pensando nisso foi utilizado o critério de Hurwicz.

Desta forma, contrário ao resultado do método TOPSIS onde a ordem de seleção das alternativas foi: caminhando 1, ônibus, UBER e caminhando 2; o resultado utilizando o critério de Hurwicz foi: UBER, ônibus, caminho 2 e por ultimo caminho 1. Ou seja, os métodos de tomada de decisão TOPSIS pode ser usado para encontrar a melhor solução se analisada a situação de forma não emocional e não levando em conta o otimismo ou pessimismo do individuo. O critério utilizado no dia a dia pelas pessoas comuns leva em consideração a subjetividade da experiência onde a sensação de perigo pode ser ampliada ou diminuída de acordo com a percepção da pessoa que passa pela experiência.

4. REFERÊNCIAS

SHENG, Linxue; ZHU, Yuanguo; HAMALAINEN Timo. An uncertain optimal control model with Hurwicz criterion. **Applied Mathematics and Computation**, 2013.

QIN, X.; HUANG, G.; CHAKMA, A.; NIE, X.; LIN, Q. A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning – A case study for the Georgia Basin, Canada. **Expert Systems with Applications**, 2008.

HESTER,Patrick; An analysis of multi-criteria decision making methods. **International Journal of Operations Research**, 2013.

GOMES, Luiz Flávio Austran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões. **Tomada de decisão gerencial**: 4ª edição 2012.