

PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PARA A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS

Annibal Parracho Sant'Anna

Universidade Federal Fluminense

Resumo

Este artigo apresenta o algoritmo de transformação de preferências expostas em uma escala de Likert em preferências probabilísticas, parte fundamental da composição de preferências probabilísticas (CPP). A transformação apresentada assume uma distribuição triangular para as perturbações. Procedimento análogo se aplica no caso de outras distribuições para as perturbações e outras formas de avaliação inicial. Um exemplo de aplicação, envolvendo a classificação de tipos de crimes, em que a modelagem da *failure modes and effects analysis* (FMEA) é empregada, é apresentado para facilitar o entendimento do algoritmo.

Palavras-chave. Composição Probabilística de Preferências, Computação, Apoio à Decisão Multicritério

1. Introdução

A Composição Probabilística de Preferências (CPP), proposta por Sant’Anna e Sant’Anna (2001) e desenvolvida mais detalhadamente em Sant’Anna (2009) é uma metodologia para composição de múltiplos critérios que leva em conta a imprecisão nas medidas dos atributos ou nas manifestações de preferência. As avaliações iniciais segundo cada critério são tratadas como parâmetros de posição de distribuições estatísticas. Depois de precisamente especificadas essas distribuições, a comparação entre as opções segundo cada critério resulta na determinação de probabilidades de preferência.

A única etapa computacionalmente trabalhosa da CPP é o cálculo destas probabilidades de preferência segundo cada critério. A probabilidade de preferência por uma dada opção segundo um dado critério é definida, precisamente, pela probabilidade de, em uma amostra, em que cada opção é representada por uma observação de uma variável aleatória com a respectiva distribuição, a avaliação na amostra correspondendo a tal opção apresentar um valor maior que o de qualquer uma das outras.

O cálculo da probabilidade de preferência por uma opção consiste, então, no cálculo da probabilidade, para i fixo correspondendo a essa particular opção, da interseção dos n eventos do tipo [no vetor aleatório (X_1, X_2, \dots, X_n) , $X_i \geq X_j$] obtidos fazendo j variar de 1 a n . Assumindo a hipótese facilitadora de independência entre as perturbações, habitualmente aceita na modelagem de erros de medida, a probabilidade da interseção é o produto das probabilidades dos eventos interseptados.

Este cálculo é o centro do algoritmo aqui apresentado. Variantes do mesmo, contemplando outras distribuições de probabilidades são apresentadas em Sant’Anna et al. (2012). Versões adequadas a outras hipóteses podem ainda ser desenvolvidas a partir dele.

2. Detalhamento do Procedimento

Nesta seção são descritas as etapas da composição probabilística e detalhada a computação das probabilidades de preferência.

2.1. Primeira etapa. Identificação das opções a serem comparadas, dos critérios de comparação e das variáveis empregadas para representar a avaliação segundo cada critério.

Como princípio geral para facilitar a compreensão da composição dos critérios e a interpretação dos resultados, recomenda-se o uso de variáveis simples para a representação das avaliações. Assim, mesmo que se deseje empregar como critério de comparação o valor de um atributo medido com precisão, como a extensão de uma estrada ou o preço de um artigo, essa medida deve ser aproximada, de modo que apenas um conjunto de 3 a 11 valores, igualmente espaçados entre si, seja suficiente para representar os valores representativos das avaliações de todas as opções.

Se, como é mais frequente, não há medidas numéricas de um atributo que fundamente o critério, um caminho para obter variáveis numéricas consiste em ordenar as opções, da de menor preferência a de maior preferência. Nesta ordenação, para atender ao princípio de manter pequeno o número de possíveis valores, empates devem ser admitidos conduzindo ao mesmo valor para representar opções consideradas próximas. Além disso, na ordenação podem ser deixados espaços não preenchidos para indicar afastamentos maiores.

2.2. Segunda etapa. Avaliação das Opções segundo cada Critério

Uma forma de gerar as variáveis ordinais é realizar a comparação das opções duas a duas. O resultado de cada comparação será dizer se cada opção é pouco ou muito preferível à outra ou se há indiferença entre as duas. Depois disto, fixando para a avaliação de uma opção qualquer tomada como padrão com um valor numérico qualquer, os valores para as outras opções são facilmente atribuídos.

Se o número de opções é grande demais para que a comparação par a par seja viável, o procedimento mais simples de quantificação consiste na classificação em uma escala de Likert (1932). Por exemplo, usando a escala de Likert de 5 pontos, a preferência segundo o critério será dada verbalmente em termos escolhidos entre cinco valores: muito alta, alta, mediana, baixa e muito baixa. A variável numérica será obtida associando a esses cinco valores, os números 5, 4, 3, 2 e 1. Uma escala de 9 pontos pode ser construída analogamente, partindo desses cinco valores e mais quatro valores intermediários entre muito alta e alta, entre alta e mediana, entre mediana e baixa e entre baixa e muito baixa.

Cuidado importante a tomar por ocasião da avaliação inicial é evitar a contaminação na avaliação segundo um dado critério pelas avaliações segundo outro critério. As perturbações afetando as avaliações segundo os diferentes critérios devem ser independentes entre si. Isto não exige que os critérios não tenham relações uns com os outros. Há necessidade apenas de que cada um seja claramente formulado, de modo que, ao aplicá-los para avaliar as opções, possa ser aplicado separadamente dos demais.

2.3. Terceira Etapa. Escolha da Forma de Composição dos Critérios

Depois de avaliar as opções segundo os critérios escolhidos, o tomador da decisão deve estar em condições de posicionar-se quanto ao uso conjunto dos mesmos para avaliar globalmente as opções. Nesse momento, ele escolherá uma ou mais formas entre as diversas formas de composição possíveis. Deverá receber, para isto, uma orientação quanto aos pontos de vista que pode adotar frente aos critérios.

Pode-se, por exemplo, optar inicialmente por dividir os critérios em grupos de modo a que se produza uma avaliação conjunta segundo os critérios de cada grupo e depois essas avaliações conjuntas sejam combinadas em uma avaliação final. Alguns critérios podem ser considerados prioritários de tal modo que a avaliação segundo cada um deles seja levada em conta isoladamente na avaliação final, enquanto outros, considerados menos importantes individualmente, devem ter suas avaliações combinadas preliminarmente, estas avaliações preliminares segundo grupos de critérios secundários sendo depois levadas à composição com as avaliações pelos critérios.

Os critérios podem ser também divididos em grupos representando critérios associados ao uso de recursos cujo emprego se deseja minimizar conjuntamente e de resultados cuja produção se deseja maximizar conjuntamente. As probabilidades de preferência finais podem ser obtidas neste caso aplicando um dos algoritmos de programação linear da Análise de Envoltória de Dados (DEA) de Charnes et al. (1978) às probabilidades de minimização segundo os critérios associados a recursos e de maximizar as probabilidades de maximização segundo critérios associados a produtos.

A oferta de uma forma padrão de composição com a qual o tomador de decisão venha a familiarizar-se pelo uso, o ajudará a interpretar os resultados. Como forma padrão, sugere-se a da média ponderada, que deve ser aplicada, por exemplo, no caso de a decisão poder ser idealizada em termos de aleatorização da escolha entre os critérios. Optando por essa forma de composição, o responsável pela decisão terá então, apenas, de indicar a probabilidade com que, diante da decisão de optar por um dentre os vários critérios considerados, escolheria cada um deles.

Para facilitar essa atribuição de probabilidades de escolha dos critérios, pode-se partir, como na etapa anterior, de uma ordenação dos critérios ou de sua classificação em uma escala de Likert. A seguir, aos valores atribuídos aplica-se uma padronização para obter a soma igual a 1 e retorna-se ao tomador de decisão para avaliar se as probabilidades obtidas correspondem à sua real preferência entre os critérios.

Uma vez obtidas as probabilidades de preferência pelos critérios, a probabilidade de preferência global é calculada por uma média ponderada das probabilidades de preferência segundo critérios com pesos dados pelas probabilidades de preferência pelos critérios.

A abordagem probabilística permite usar outras formas de composição que prescindem da atribuição de probabilidades de preferência entre os critérios e que se baseiam na adoção de pontos de vista cuja escolha pode ser mais intuitiva.

Esses pontos de vista se identificam segundo a posição em que se situe o tomador de decisão em dois eixos: de pessimismo e de conservadorismo. No primeiro eixo, o tomador de decisão no extremo progressista presta atenção às probabilidades de maximizar a preferência segundo os critérios considerados, enquanto no extremo conservador, as probabilidades que interessam são as de não minimizar a preferência. O progressista busca as opções próximas das fronteiras de excelência; o conservador evita as opções próximas das fronteiras de pior desempenho. O termo conservador está, nesta terminologia, associado à ideia de evitar perder, de preocupação apenas em evitar os extremos negativos. Já o termo progressista está associado ao desejo de atingir extremos positivos.

No eixo otimista-pessimista, o extremo otimista consiste em considerar satisfatório atender pelo menos um único critério. Todos os critérios são levados em conta, mas a composição utiliza o conectivo “ou”. Emprega-se a probabilidade de maximizar (ou não minimizar, se o ponto de vista no outro eixo é conservador) a preferência segundo pelo menos um qualquer dentre os múltiplos critérios. Já no extremo pessimista a preferência é medida pela probabilidade de maximizar (ou não minimizar) a preferência segundo todos os critérios.

Assim, sem o uso de pesos, quatro tipos de composições podem ser considerados: (1) pela probabilidade de ser o melhor de acordo com todos os critérios considerados; (2) pela probabilidade de ser o melhor segundo pelo menos um dos critérios considerados; (3) pela probabilidade de não ser o pior em todos os critérios considerados; (4) pela probabilidade de não ser o pior em pelo menos um dos critérios considerados.

Essas composições implicam no uso de probabilidades conjuntas muito fáceis de calcular. Na composição progressista e pessimista a probabilidade conjunta computada é a da intersecção ao longo de todos os critérios dos eventos correspondendo a receber a opção a melhor avaliação. Já na composição progressista e otimista, o escore de preferência global é dado pela probabilidade do complemento da intersecção dos eventos correspondentes a ela não alcançar a melhor avaliação. Do outro lado, na composição conservadora e pessimista, a probabilidade conjunta é a da intersecção dos eventos correspondentes a não receber a pior avaliação e, na composição conservadora e otimista, a do complemento da intersecção dos eventos correspondentes a receber as piores avaliações.

Sob a hipótese de independência entre as perturbações afetando os múltiplos critérios, essas probabilidades são calculadas multiplicando as probabilidades concernentes a cada critério. Outras hipóteses além da independência podem ser assumidas neste ponto (Sant’Anna, 2009), mas, a hipótese de independência tem forte sustentação, por as perturbações envolvidas estarem afetando avaliações segundo diferentes critérios, e tem, além da facilidade de cálculo, a vantagem prática de levar em conta os valores exatos de todas as probabilidades de preferência segundo os critérios individuais.

Resumindo as alternativas, uma lista de opções como a indicada a seguir pode ser oferecida ao tomador de decisão.

- 1) Quantificação da preferência entre os critérios
- 2) Pessimista Progressista
- 3) Pessimista Conservadora
- 4) Otimista Progressista
- 5) Otimista Conservadora

Cada uma dessas formas de preferência pode ser aplicada a grupos de critérios e a seguir para compor as probabilidades de preferências representativas dos grupos.

2.4. Cálculo das Probabilidades de Preferência segundo Cada Critério

Aqui se começa pela escolha das distribuições de probabilidade. Como explicado acima, à avaliação de cada opção segundo cada critério é associada uma distribuição de probabilidades com centro no valor atribuído a opção pelo critério. A forma da distribuição pode variar segundo a compreensão que se tenha das perturbações afetando as medições. Para evitar erros na aplicação e interpretação convém manter unificada a modelagem dessas distribuições. Estendendo a ideia dos números fuzzy (Zadeh, 1965), adota-se aqui uma distribuição triangular, preferindo uma formulação assimétrica, com extremos constantes refletindo a ideia de que todas as opções para serem levadas em consideração devem ser capazes de ter a sua avaliação atingindo os extremos de maior e menor preferência, ainda que com probabilidades diferentes.

Isto pode ser posto formalmente nos seguintes termos. Para $x_j = (x_{1j}, \dots, x_{nj})$, vetor de avaliações das n opções pelo j -ésimo critério, é calculado o vetor de probabilidades de preferência $P_j = (P_{1j}, \dots, P_{nj})$. No modelo triangular, a preferência probabilística P_{ij} é dada pela probabilidade de, em um vetor de observações de n variáveis aleatórias (X_{1j}, \dots, X_{nj}) com distribuições triangulares independentes de limites x_{0j} e x_{Lj} e modas respectivamente x_{1j}, \dots, x_{nj} , ocorrer $X_{ij} \geq X_{kj}$ para todo k de 1 a n .

O procedimento a seguir, do MATLAB, é para o calcula dessas probabilidades com a distribuição triangular. Considera que as avaliações segundo cada critério assumem os valores inteiros de 1 a 9. Os extremos das distribuições associadas a cada avaliação são fixos nos valores 0 e 10. Deste algoritmo podem ser derivados algoritmos para outras distribuições ou para outras hipóteses sobre os parâmetros da distribuição triangular.

Segue o procedimento que deve constituir no diretório do MATLAB um m-file de nome decisão_triangular_0a10.

```
% NOME: decisão_triangular_0a10
% O primeiro input, "filename",
% é o arquivo .txt que contem os dados.
% Você deve ter salvo esse arquivo no diretório do matlab.
% Este comando importa os dados desse arquivo.
filename=uiigetfile('*.txt', 'Selecione o arquivo');
% Os resultados,
% além dos disponíveis através do painel de comando do %MatLab,
% são escritos em um arquivo .txt file,
% cujo nome é 'resultados_de"arquivo que contem os dados"'.
resultados=strcat('resultados(triangular)_de_',filename);
% Este comando importa os dados.
dados = importdata(filename, '');
% A seguir o cálculo das probabilidades
% com as distribuições triangulares de extremos 0 e 10.
tol=1.0e-6;
reavaliados=zeros(size(dados));
for j=1:size(dados,2)
    for i=1:size(dados,1)
        M=dados(:,j);
        M(i)=[];
        prov=@(x)produtocdftriangular_vet(x,0,10,M)*pdftriangular_vet(x,0,10,dados(i,j));
        reavaliados(i,j)=quadtx(prov,0,10,tol);
    end
end
```

```

end
% Saída: escreve os resultados no arquivo especificado.
fid = fopen(resultados,'w');
for i = 1:size(dados,1)
    fprintf(fid,'%0.4f\t', reavaliados(i,:));
    fprintf(fid,'\n');
end
fclose(fid);

```

O procedimento acima calcula as probabilidades de maximizar. Um jeito de obter as probabilidades de minimizar e repetir a sua aplicação trocando todos os sinais no arquivo de entrada.

2.5. Cálculo das Probabilidades Globais

Como resultado da etapa anterior se obtém uma matriz cujas colunas são as probabilidades de maximizar e de minimizar a preferência segundo cada critério, cada linha correspondendo a uma opção. Para obter as preferências globais segundo cada uma das formas de composição referidas em 2.3 basta criar em uma planilha Excel uma coluna para cada uma dessas regras de composição. Por exemplo, com as probabilidades de maximizar a preferência segundo 5 critérios nas linhas 1 a 40 e as probabilidades de preferência pelos critérios na 41ª linha da coluna respectiva, para obter as preferências globais correspondentes à primeira forma de composição basta criar uma coluna em que a entrada da j -ésima linha é dada pela fórmula $=a_i*a_{40}+b_i*b_{40}+c_i*c_{40}+d_i*d_{40}+e_i*e_{40}$.

As coordenadas do vetor de probabilidades de preferência resultantes dessa primeira forma de composição somam 1 e podem ser facilmente interpretadas como as probabilidades de preferência pelas opções de um tomador de decisão que estabelece a sua preferência em duas etapas, primeiro escolhendo entre os critérios e depois aplicando o critério escolhido. Isto não acontece se são usadas as outras formas de composição. Pois as probabilidades conjuntas consideradas correspondem a eventos especiais, com probabilidades pequenas. Para facilitar o uso, convém dividi-las por um padrão. Esse padrão pode ser obtido considerando o caso de probabilidades de preferência segundo cada critério todas iguais e, portanto, iguais ao inverso do número de opções. No caso da FMEA (US Department of Defense, 1949), onde é muitas vezes desejado contar com um patamar acima do qual as opções merecerão tratamento, esse padrão pode ser determinado por esse caso de probabilidades todas iguais a $1/n$, o que corresponderá a selecionar as opções com preferência global maior que 1.

3. Exemplo de Aplicação

Suponhamos que se deseja desenvolver políticas educacionais voltadas para o combate ao crime e para tanto se deseja identificar, dentre os diferentes tipos, um conjunto que deva receber condenação especial. Aplicamos as etapas referidas na Seção anterior a este problema.

3.1. Primeira Etapa

Primeiro são selecionados os tipos de crimes que constituirão as opções a serem comparadas e os critérios. Uma análise do Código Penal em busca dos crimes mais conhecidos nos conduziria a um conjunto de 40 tipos de crime denominados simplificada e como na Tabela 1.

A escolha dos critérios nos terá levado à escolha dos critérios da FMEA: gravidade, frequência e indetectabilidade. Para medir a gravidade, pode ser usada uma avaliação dos danos decorrentes para sociedade, dando, por exemplo, maior importância à perda de vidas que a danos ao patrimônio das pessoas, aos danos mais diretos e imediatos que aos mais remotos, aos valores mais universais e assim por diante. A frequência é medida pela probabilidade de

ocorrência e a detectabilidade pela probabilidade de uma realização do crime poder ser percebida antecipadamente, a tempo de ser evitada.

3.2. Segunda Etapa

A FMEA emprega uma escala de valores, geralmente de 1 a 9, com especificações previamente com faixas de valores para a frequência. Para a gravidade são também previamente definidas especificações em termos de resultados esperados bem definidos. O mesmo para a detectabilidade. Como resultado se obtém uma matriz de avaliações para ser usada nas etapas subsequentes como a da Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de Crimes e suas Avaliações

Tipo	gravidade	frequência	Indetectabilidade
atraso no pagamento de pensão	1	1	1
bigamia	1	2	1
dirigir sob efeito de entorpecente	1	2	2
discriminação racial	1	9	2
assédio moral	2	8	4
falso testemunho	2	9	6
formação de quadrilha	2	9	2
quebra de sigilo	2	2	7
contrabando ou descaminho	3	6	3
desacato a autoridade	3	4	4
greve em serviço essencial	3	2	1
tráfico de entorpecentes	3	6	6
abuso de autoridade	4	5	4
calúnia	4	8	5
lesão corporal	4	7	3
prevaricação	4	5	5
remessa ilegal de divisas	4	4	7
aceitar suborno	5	5	9
apropriação indébita	5	6	6
fraude a concorrência	5	8	6
lavagem de dinheiro	5	4	7
sonegação fiscal	5	9	3
causar incêndio	6	1	7
estelionato	6	7	8
furto	6	8	9
lenocínio	6	3	3
suborno	6	5	9
atentado à segurança de serviço público	7	1	7
extorsão	7	4	2
falsificação de moeda	7	2	6
peculato	7	5	4
receptação	7	7	8
adulteração de alimento ou remédio	8	6	5
escravidão	8	1	1
estupro	8	3	5
roubo	8	7	9
homicídio	9	3	9
latrocínio	9	3	8
pedofilia	9	3	8
sequestro	9	4	8

3.3. Terceira Etapa

A FMEA usa como medida global o produto de indicadores da importância do caso segundo cada um dos seus três critérios. O uso do produto é mais claramente fundamentado no caso de se adotar a abordagem probabilística. Medida a gravidade em termos de probabilidade, independente dos outros dois critérios, é claro que ela deve ser multiplicada pela probabilidade de ocorrência para se ter uma medida prática. De fato a gravidade real para a sociedade é a gravidade teórica modificada pela probabilidade de ocorrência.

Mas, se esta probabilidade de ocorrência pela qual se multiplica a da gravidade for medida independentemente dos outros dois critérios deve primeiro ser multiplicada pela probabilidade de indetectabilidade antes de multiplicar a medida da gravidade. De fato, a probabilidade de ocorrência real é a probabilidade de ocorrência teórica modificada pela probabilidade da não detecção.

A conclusão a que chegamos é que a forma de composição a que devemos recorrer para avaliar a importância dos tipos de crime é a da composição pessimista e progressista. O crime mais importante será aquele que maximize a probabilidade conjunta de gravidade, frequência e indetectabilidade dada, depois de medidas independentemente as três probabilidades de maximizar cada critério, pelo produto delas.

3.4. Quarta Etapa

A aplicação no MATLAB do programa apresentado na Seção 2.4 produz diretamente os vetores com as probabilidades de cada crime ser o mais importante segundo cada critério apresentados na Tabela 2. É possível verificar que a soma dos valores em cada coluna é igual a 1.

Tabela 2. Resultados da Transformação em Probabilidades de Preferência

atraso no pagamento de pensão	0,009	0,0092	0,0082
bigamia	0,009	0,0104	0,0082
dirigir sob efeito de entorpecente	0,009	0,0104	0,0093
discriminação racial	0,009	0,0822	0,0093
assédio moral	0,0101	0,043	0,0124
falso testemunho	0,0101	0,0822	0,0187
formação de quadrilha	0,0101	0,0822	0,0093
quebra de sigilo	0,0101	0,0104	0,0251
contrabando ou descaminho	0,0116	0,021	0,0106
desacato a autoridade	0,0116	0,0139	0,0124
greve em serviço essencial	0,0116	0,0104	0,0082
tráfico de entorpecentes	0,0116	0,021	0,0187
abuso de autoridade	0,0135	0,0168	0,0124
calúnia	0,0135	0,043	0,0149
lesão corporal	0,0135	0,0283	0,0106
prevaricação	0,0135	0,0168	0,0149
remessa ilegal de divisas	0,0135	0,0139	0,0251
aceitar suborno	0,0163	0,0168	0,0739
apropriação indébita	0,0163	0,021	0,0187
fraude a concorrência	0,0163	0,043	0,0187
lavagem de dinheiro	0,0163	0,0139	0,0251
songação fiscal	0,0163	0,0822	0,0106
causar incêndio	0,0205	0,0092	0,0251
estelionato	0,0205	0,0283	0,0381
furto	0,0205	0,043	0,0739
lenocínio	0,0205	0,0119	0,0106
suborno	0,0205	0,0168	0,0739

atentado à segurança de serviço público	0,0275	0,0092	0,0251
extorsão	0,0275	0,0139	0,0093
falsificação de moeda	0,0275	0,0104	0,0187
peculato	0,0275	0,0168	0,0124
receptação	0,0275	0,0283	0,0381
adulteração de alimento ou remédio	0,0418	0,021	0,0149
escravidão	0,0418	0,0092	0,0082
estupro	0,0418	0,0119	0,0149
roubo	0,0418	0,0283	0,0739
homicídio	0,0803	0,0119	0,0739
latrocínio	0,0803	0,0119	0,0381
pedofilia	0,0803	0,0119	0,0381
sequestro	0,0803	0,0139	0,0381

3.5. Quinta Etapa

Finalmente, a composição pessimista e progressista do FMEA é usada para compor as medidas globais de preferência, multiplicando, em cada linha os valores da Tabela 2. Na Tabela 3, os produtos dessas multiplicações são apresentados na segunda coluna. Na terceira coluna, estão os resultados da divisão dos valores da coluna 2 pelo padrão $1/40^3$. Os valores estão ordenados do maior para o menor. Na FMEA, é costume estabelecer um patamar acima do qual se situam os casos importantes. Na abordagem probabilística, um patamar natural é dado pelo número 1, isto é, por produtos acima do produto do caso de iguais probabilidades. Neste caso, os tipos de crime apresentados nas 10 primeiras linhas seriam os selecionados. A última coluna apresenta os postos desses tipos.

Tabela 3. Preferências Globais

Tipo	preferência	preferência	posto
roubo	0,0000874	5,59	1
homicídio	0,0000706	4,52	2
furto	0,0000651	4,17	3
sequestro	0,0000425	2,72	4
latrocínio	0,0000364	2,33	5
pedofilia	0,0000364	2,33	6
receptação	0,0000297	1,90	7
suborno	0,0000255	1,63	8
estelionato	0,0000221	1,41	9
aceitar suborno	0,0000202	1,30	10
falso testemunho	0,0000155	0,99	
sonegação fiscal	0,0000142	0,91	
fraude a concorrência	0,0000131	0,84	
adulteração de alimento ou remédio	0,0000131	0,84	
calúnia	0,0000086	0,55	
formação de quadrilha	0,0000077	0,49	
estupro	0,0000074	0,47	
discriminação racial	0,0000069	0,44	
apropriação indébita	0,0000064	0,41	
atentado à segurança de serviço público	0,0000064	0,41	
peculato	0,0000057	0,37	
lavagem de dinheiro	0,0000057	0,36	
assédio moral	0,0000054	0,34	
falsificação de moeda	0,0000053	0,34	
causar incêndio	0,0000047	0,30	

remessa ilegal de divisas	0,0000047	0,30
tráfico de entorpecentes	0,0000046	0,29
lesão corporal	0,0000040	0,26
extorsão	0,0000036	0,23
prevaricação	0,0000034	0,22
escravidão	0,0000032	0,20
abuso de autoridade	0,0000028	0,18
quebra de sigilo	0,0000026	0,17
lenocínio	0,0000026	0,17
contrabando ou descaminho	0,0000026	0,17
desacato a autoridade	0,0000020	0,13
greve em serviço essencial	0,0000010	0,06
dirigir sob efeito de entorpecente	0,0000009	0,06
bigamia	0,0000008	0,05
atraso no pagamento de pensão	0,0000007	0,04

4. Comentários Finais

Todos os cálculos acima descritos podem ser efetuados em uma planilha EXCEL. Mas, com um número de opções como o do exemplo acima, a propagação de erros de arredondamento conduz a grandes distorções na etapa de transformação das avaliações iniciais em probabilidades de preferência. Para evitar essa dificuldade, pode-se usar uma pequena alteração conceitual que consiste em substituir a comparação de cada opção com todas as outras pela comparação com uma pequena amostra representativa.

Em artigo a aparecer se mostrará que o mesmo princípio de comparação em termos de probabilidades de preferência pode servir também de base a um sistema para classificação de opções em classes pré-definidas determinadas por um certo número de perfis representativos. Neste caso, como o número de perfis representativos de cada classe não precisa ser grande, toda a computação pode ser feita na planilha EXCEL sem problemas.

Agradecimento. Este trabalho contou com o apoio do CNPq, por meio de bolsa de produtividade de pesquisa.

Referências

- Charnes, A., Cooper, W. W. e Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decisionmaking units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444.
- Sant'Anna, A. P. (2009) A Probabilistic Approach to the Evaluation and Combination of Preferences. In: Ajith, A., Hassanién, A. e Snasel, V. (Org.). *Function Approximation and Classifications*. Berlin: Springer, p. 107-125, 2009.
- Sant'Anna, A. P. e Sant'Anna, L. A. F. P. (2001) Randomization as a Stage in Criteria Combining. In Ribeiro, J. L. D., Fogliato, F. S e Guimarães, L. B. M, *Production and Distribution Challenges for the 21th Century*. ABEPRO, P. Alegre, p. 248-256.
- Sant'Anna, A. P.** ; Gomes, L. F. A M., Costa, F. F. ; Rangel, L. A. D. ; Faria, M. J. S. ; Ferreira, R. G. ; Moreira Filho, R. M. ; Ribeiro, R. O. A. e Senna, V.. Análise Multicritério baseada em Probabilidades de Preferência. In: Vanderli F Oliveira, V. F.; Vagner Cavenaghi, V

PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PARA A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS

e Másculo, F. S. (Org.). *Tópicos Emergentes e Desafios Metodológicos em Engenharia de Produção: Casos, Experiências e Proposições*. 1ed. Belo Horizonte: ABEPRO, p. 53-97, 2012.

US Defense Department (1949), *Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis*, US Military Procedure MIL STD-1629, US Government Printing Office, Washington-DC.

Zadeh, L. A. (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338–353.