

T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE İNSAN
KAYNAKLARI PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ
(EVALUATION DE PERFORMANCE POUR LES RESSOURCES
HUMAINES AVEC LES TECHNIQUES DE
DECISION A MULTICRITERES)

140028

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Tuncay GÜRBÜZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Nisan 2003

Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Nisan 2003

140028

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Yasemin Claire ERENSAL

Y. Erensal 12.05.2003

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. E. Ertuğrul KARSAK

E. Karşak 13.05.2003

Prof. Dr. Mehmet Şakir ERSOY

M. Şakir ERSOY 12.05.2003

**T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
KONFERANSİYON MERKEZİ**

NİSAN 2003

Préface

Au cours de ma maîtrise à l'université Galatasaray, je me suis intéressé au sujet de décision à multicritères. Je remercie Prof. Dr. Ertugrul KARSAK pour m'avoir orienté à travailler dans ce sujet.

Je remercie aussi à mon directeur de thèse Doç. Dr. Yasemin Claire ERENSAL qui n'a pas hésité de m'aider à chaque fois où j'ai eu besoin, à Esra ALBAYRAK qui m'a fournit de très utiles sources d'information sur ce sujet et finalement à la direction de l'entreprise KURTEKS qui m'as permis de faire mon application avec eux.

Tuncay GÜRBÜZ

Janvier 2003

Table des Matières

Liste des Figures.....	vi
Liste des Tableaux.....	vii
Résumé.....	x
Özet.....	xii
1.Introduction.....	1
2.Evaluation de Performance.....	3
2.1. Une Approche Historique à l’Evaluation de Performance.....	3
2.2.Nouvelles Approches et Courants Dans l’Evaluation de Performance.....	5
2.3.Conseils A Propos de l’Application.....	6
3.L’approche de TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution.....	8
3.1.Quelques Définitions sur TOPSIS.....	8
3.2.Procédure de Sélection Utilisant TOPSIS.....	11
3.3.Application.....	13
3.3.1.Alternatives et Le Critère de Sélection pour L’Exemple, Ratios Financiers.....	13
3.3.2.Sélection Avec TOPSIS.....	14
4.Analytic Hierarchy Process – AHP.....	18
4.1.Définition.....	18
4.2.Comparaisons Binaires.....	19
4.3.Evaluation de Compatibilité des Jugements Binaires.....	20
4.4.Les Bases Mathématiques d’AHP.....	21
4.5.Application: Sélection de ville.....	24
4.5.1.La Définition du Problème.....	24
4.5.2.L’Evaluation des villes respectant les critères.....	26
4.5.3.L’Exécution de AHP et Conclusion.....	29
5.Equivalence de TOPSIS et AHP.....	31

5.1.Méthode Proposée.....	31
5.2.Application Numérique.....	31
5.3.La Procédure de TOPSIS Modifié.....	33
6.Application.....	35
6.1.Définition de l'Application.....	35
6.2.Résolution du problème avec AHP.....	38
6.2.1.Calcul des priorités relatives pour chaque tâche respectant les critères objectifs.....	38
6.2.2.Evaluation des employés selon les critères subjectifs-comparaisons binaires.....	42
6.2.3.La comparaison binaire des critères.....	46
6.2.4.L'Analyse de compatibilité.....	46
6.2.5.Les calculs finaux	48
6.2.5.1.Le classement pour la tâche montage Adapteur – Aiguille.....	48
6.2.5.2.Le classement pour la tâche montage Adapteur – Flash Tube.....	49
6.2.5.3.Le classement pour la tâche montage Flash Tube – Tuyau d'E5.....	49
6.2.5.4.Le classement pour la tâche montage groupe de gouttelette au Tuyau d'E5.....	50
6.2.5.5.Le classement pour la tâche d'emballage.....	49
6.2.5.6.Le classement pour la tâche de cachetage.....	51
6.2.5.7.Le classement pour la tâche de mise en colis.....	52
6.2.6.Commentaire Sur La Résolution Avec AHP.....	53
6.3.Résolution du problème avec la Méthode Modifiée de TOPSIS.....	53
6.3.1.Résolution et classification pour la tâche montage Adapteur – Aiguille.....	53
6.3.2.Résolution et classification pour la tâche montage Adapteur – Flash Tube.....	54
6.3.3.Résolution et classification pour la tâche montage Flash Tube – Tuyau d'E5.....	56

6.3.4.Résolution et classification pour la tâche montage groupe de gouttelette au Tuyau d'E5.....	57
6.3.5.Résolution et classification pour la tâche d'emballage.....	59
6.3.6.Résolution et classification pour la tâche de cachetage.....	60
6.3.7.Résolution et classification pour la tâche de mise en colis.....	62
6.4.Comparaison des résultats trouvés - Conclusion.....	63
7.Conclusion.....	64
Bibliographie.....	66
Biographie	



Liste des Figures

Figure 4.1: L'Hierarchie pour le problème de choix de ville.....26
Figure 6.1: L'Hierarchie de l'application.....38



Liste des Tableaux

Tableau 3.1	: Les valeurs des critères pour les alternatives.....	14
Tableau 4.1	: L'Echelle des comparaisons binaires.....	20
Tableau 4.2	: Les Index aléatoires pour les différentes valeurs de n	24
Tableau 4.3	: Distance des villes candidats à Philadelphie.....	26
Tableau 4.4	: Coût de vie des villes candidats.....	27
Tableau 4.5	: La comparaison binaire des villes candidats en respectant le climat...	27
Tableau 4.6	: La comparaison binaire des villes candidats en respectant les écoles élémentaires et les lycées.....	27
Tableau 4.7	: La comparaison binaire des villes candidats en respectant les collèges et les universités.....	28
Tableau 4.8	: La comparaison binaire des villes candidats en respectant la transportation.....	28
Tableau 4.9	: La comparaison binaire des villes candidats en respectant les facilités récréationnelle et arts.....	28
Tableau 4.10	: La comparaison des sous-critères.....	28
Tableau 4.11	: La comparaison binaire des critères.....	29
Tableau 4.12	: Les w_i calculés et la priorité composée pour chaque ville candidat.....	30
Tableau 6.1	: Le nombre d'employés pour chaque tâche.....	36
Tableau 6.2	: Les Valeurs des critères objectifs.....	37
Tableau 6.3	: Classement des employés de AI selon leurs productions.....	38
Tableau 6.4	: Classement des employés de AI selon leurs absences.....	39
Tableau 6.5	: Classement des employés de AF selon leurs productions.....	39
Tableau 6.6	: Classement des employés de AF selon leurs absences.....	39
Tableau 6.7	: Classement des employés de EF selon leurs productions.....	39
Tableau 6.8	: Classement des employés de EF selon leurs absences.....	40
Tableau 6.9	: Classement des employés de ED selon leurs productions.....	40

Tableau 6.10	: Classement des employés de ED selon leurs absences.....	40
Tableau 6.11	: Classement des employés de S selon leurs productions.....	40
Tableau 6.12	: Classement des employés de S selon leurs absences.....	41
Tableau 6.13	: Classement des employés de Y selon leurs productions.....	41
Tableau 6.14	: Classement des employés de Y selon leurs absences.....	41
Tableau 6.15	: Classement des employés de K selon leurs productions.....	41
Tableau 6.16	: Classement des employés de K selon leurs absences.....	42
Tableau 6.17	: Comparaisons binaires des employés de AI selon la propreté.....	42
Tableau 6.18	: Comparaisons binaires des employés de AI selon l'éducation.....	42
Tableau 6.19	: Comparaisons binaires des employés de AF selon la propreté.....	43
Tableau 6.20	: Comparaisons binaires des employés de AF selon l'éducation.....	43
Tableau 6.21	: Comparaisons binaires des employés de EF selon la propreté.....	43
Tableau 6.22	: Comparaisons binaires des employés de EF selon l'éducation.....	43
Tableau 6.23	: Comparaisons binaires des employés de ED selon la propreté.....	44
Tableau 6.24	: Comparaisons binaires des employés de ED selon l'éducation.....	44
Tableau 6.25	: Comparaisons binaires des employés de S selon la propreté.....	44
Tableau 6.26	: Comparaisons binaires des employés de S selon l'éducation.....	44
Tableau 6.27	: Comparaisons binaires des employés de Y selon la propreté.....	45
Tableau 6.28	: Comparaisons binaires des employés de Y selon l'éducation.....	45
Tableau 6.29	: Comparaisons binaires des employés de K selon la propreté.....	45
Tableau 6.30	: Comparaisons binaires des employés de K selon l'éducation.....	45
Tableau 6.31	: Comparaisons binaires des critères.....	46
Tableau 6.32	: Comparaisons binaires des employés de AI selon l'éducation.....	47
Tableau 6.33	: Comparaisons binaires des employés de EF selon l'éducation.....	47
Tableau 6.34	: Comparaisons binaires des employés de ED selon l'éducation.....	47
Tableau 6.35	: Comparaisons binaires des employés de S selon l'éducation.....	47
Tableau 6.36	: Comparaisons binaires des employés de Y selon l'éducation.....	48
Tableau 6.37	: Les priorités relatives des employés de la tâche AI.....	48
Tableau 6.38	: Les priorités relatives des employés de la tâche AF.....	49
Tableau 6.39	: Les priorités relatives des employés de la tâche EF.....	50
Tableau 6.40	: Les priorités relatives des employés de la tâche ED.....	50
Tableau 6.41	: Les priorités relatives des employés de la tâche S.....	51

Tableau 6.42 : Les priorités relatives des employés de la tâche Y.....	52
Tableau 6.43 : Les priorités relatives des employés de la tâche K.....	52
Tableau 6.44 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche AI.....	54
Tableau 6.45 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche AF.....	55
Tableau 6.46 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche EF.....	57
Tableau 6.47 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche ED.....	58
Tableau 6.48 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche S.....	60
Tableau 6.49 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche Y.....	61
Tableau 6.50 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche K.....	62



Résumé

L'évaluation de performance est une des plus importantes matières pour une organisation. La performance de l'organisation ainsi que la performance des employés travaillant pour cette organisation est essentielle pour la continuité de ce dernier. La performance générale de l'organisation est l'ensemble des performances de tous ces employés.

L'évaluation de performance nous trace une figure ou un graphique sur lequel nous voyons où nous nous trouvons. Peut-être nous sommes au-dessous de ce qui est exigé et il faudra donc dans ce cas travailler plus efficacement afin d'améliorer notre performance. Ou bien tout au contraire, nous pouvons être au-dessus de la performance exigée.

Le gestionnaire utilisera ces données pour prendre des décisions sur ses employés. Sur ceux qui sont en dessous de la performance exigée, la décision pourra être soit d'essayer d'améliorer la performance avec des séminaires d'éducation par exemple; soit de débaucher directement l'employé.

Pour évaluer cette performance, dans le monde contemporain, il nous est impossible de décider en regardant seulement la production ou la rentabilité par exemple. Il existe plusieurs facteurs qui influenceront la performance. Imaginez que vous voulez acheter une voiture. A l'époque, disons les années 1910, il n'y avait pas beaucoup de choix. Toutes les voitures étaient presque pareilles. Mais maintenant, il y a dizaines de facteurs qui affecteront notre choix. Le prix, la force du moteur, la couleur, les tailles, le service après-vente, l'assurance etc. et pleines d'autres facteurs de la voiture sont importants.

Comment décider? Cette thèse répond à cette question de prendre une décision quand il y a plusieurs facteurs influençant le but principal. Ce dernier sera examiné dans le domaine d'évaluation de performance. Les méthodes de prise de décision à multicritères sont utilisées pour mesurer la performance des individus travaillant dans une organisation (Noter bien que la procédure pourrait être appliquée aux organisations en entier.).

Deux méthodes très fréquentes sont utilisées et elles s'appellent « Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS » et « Analytic Hierarchy Process – AHP ». TOPSIS compare toutes les alternatives que l'on a avec la meilleure alternative qui pourrait exister selon les alternatives présentes. L'alternative qui sera relativement la plus proche à la meilleure alternative, sera notre alternative à choisir. AHP construit premièrement une hiérarchie du problème avec le but générale au sommet de l'hiérarchie, les facteurs de décision ou les critères au niveaux intermédiaires et les alternatives à la base de cette hiérarchie. Ensuite, elle compare toutes les alternatives et les classes selon leurs priorités relatives. C'est à dire, la différence principale entre ces deux méthodes est que TOPSIS considère les distances alors que AHP considère les comparaisons binaires des alternatives.

En utilisant TOPSIS, dans ce travail, on propose une méthode modifiée de ce dernier. Dans la méthode de TOPSIS, normalement, les critères subjectifs sont évalués par des experts et ils sont noté avec des chiffres entre 1 (représentant la situation la plus mauvaise) et 9 (représentant la meilleure situation). Mais dans ce travail, on propose l'utilisation des priorités relatives trouvées en appliquant AHP pour ces critères relatives. La situation sera de même pour l'importance relative des critères en entier aussi.

Özet

İş performansının değerlendirilmesi olgusuna tarihsel bir perspektiften bakıldığında, değerlendirmelerin kullanım amaçları, değerlendirme teknik ve yöntemleri ve değerlendirme doğruluğu gibi temel performans değerlendirmeleri konularına yaklaşımda bir değişim yaşandığı görülmektedir. Geleneksel olarak batı Avrupa ve Kuzey Amerika'da performans değerlendirmesi, idari/personel kararların alınması amacıyla hizmet etmiştir. Ücret belirleme, terfi ya da yükseltmeler ve işten çıkartmalar gibi önemli idari kararların alınmasında performans değerlendirmeleri önemli girdileri oluşturmuştur. İdari amaçlı kullanımı yanısıra, performans değerlendirmeleri, çalışanlara, performanslarına yönelik geribildirim verme ve performanslarını geliştirme amaçlarına yönelik olarak da kullanılmaktadır. İdari kararlara yönelik kullanımda amaç, kişinin benzer işlerde çalışan kişilerle karşılaştırıldığındaki performansını değerlendirip, sıralamadaki yerini belirlemek iken, geribildirim amaçlı değerlendirmede amaç kişinin farklı performans boyutlarındaki durumunu genellikle daha önceden belirlenmiş standartlar temelinde değerlendirmek, kişinin göreceli iyi olduğu alanları/boyutları ve geliştirilmesi gerekli olan alanları belirleyebilmektir. Performans değerlendirmeleri, özellikle 1960'lı yıllardan başlayarak, insan kaynakları planlaması, seçme teknik ve yöntemlerinin geçerliğinin gösterilmesi ve eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi gibi diğer kurumsal amaçlara da hizmet etmektedir. Performans değerlendirilmesi bilgisinin en çok kullanıldığı dört temel kullanım alanı, kişilerarası karşılaştırma gerektiren kararlar, çalışanın kendi içinde karşılaştırılmasını gerektiren kararlar, sistemin devam ettirilmesine yönelik kararlar ve doküman oluşturma olarak belirlenmiştir.

Uzun yıllardır inceleme altında ve gelişmekte olan performans yönetimi konusu özellikle son senelerde büyük ilerlemeler kaydetmiştir. İlk zamanlarda sadece sıfatlar kullanılarak son derece sübjektif bir şekilde değerlendirilen performans, kayırmaların,

organizasyon içerisinde var olabilecek politik oyunların, abartı değerlendirmelerin ve bunlar gibi çeşitli dezavantajların önüne geçemiyordu. Bir yandan objektif olarak bulunabilen değerler ile diğer yandaki subjektif veriler etkin bir şekilde bir paydada toplanarak sağlıklı bir sonuç alınamıyordu.

Bu durum, özellikle son senelerde derin bir araştırma alanı oluşturan, çok ölçütlü karar verme tekniklerinin ortaya çıkmasını sağladı. Bu teknikler sayesinde, karar verici, sayısal olarak ifade edilebilen objektif kriterler ile sayısal olarak ifade edilemeyecek olan subjektif kriterleri bir arada değerlendirebilme ve birçok alternatif içerisinde seçim yapabilme fırsatına sahip oldu.

Bu tekniklerle karar verme prosedürünün ilk adımı karar verilecek konuda neye göre karar verileceğini, yani kriterleri saptamaktır. Kriterler saptandıktan sonra kriterlerin alacağı değerler hesaplanmalıdır. Değerlendirilen alternatiflerin, objektif kriterler için hazır sayısal değerleri olduğu için önemle ve dikkatle değerlendirilmesi gereken konu, subjektif kriterlerdir.

Subjektif kriterler sayısal değerlere sahip değildirler. Kimi çok ölçütlü karar verme modelinin gereği, bu kriterler için sayısal değer elde edebilmek için, uzman/uzmanların fikirlerine başvurmalıdır.

Uzmanlar bu kriterler için her alternatifi notlarlar. Bu tezin içerisinde incelenen iki tane model ele alınmaktadır. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution– TOPSIS ve Analytic Hierarchy Process – AHP adı verilen bu iki modelden TOPSIS’te, uzmanlar her alternatifi, her subjektif kriter için, bir (1) en kötü performansı, dokuz (9) en iyi performansı belirtecek şekilde notlarlar. AHP’de ise karar verici/vericiler, her subjektif kriter için bütün alternatifleri ikili olarak karşılaştırırlar. Bu karşılaştırmalar, her alternatifin birbirlerine göre, o kriter gözönünde bulundurulurken, ne kadar önemli olduğunu gösterir.

Bütün değerlerin elde edilmesinden sonra, sıra kriterlerin birbirlerine göreceli olarak ne kadar önemli olduklarını bulmaya gelir. TOPSIS’te uzmanlar tarafından, yine bir ile

dokuz arasında sayılar verilip daha sonrasında bunların normalize edilmesiyle veya yüzde olarak yapılan notlamalar ile belirlenen kriter önemleri, AHP’de karar verenler tarafından ikili olarak karşılaştırılarak bulunurlar.

TOPSIS, her alternatif için, her kritere göre değerler ortaya çıkarıldıktan sonra, bunları karar matrisi adı verilen bir matriste toplar. Bu matristen yola çıkılarak bu alternatifler arasından olabilecek en iyi ve en kötü alternatifler çıkarılır. Bu çıkarım yapılırken kriterlerin yüksek değerlerinin mi yoksa düşük değerlerinin mi daha iyi olabileceği dikkate alınır. Yüksek değerleri tercih edilen kriterlere çıktı, düşük değerleri tercih edilenlere ise girdi gözüyle bakılır. Dolayısıyla girdi gözüyle bakılan kriterlerin alternatifler arasındaki en küçük değerleri ile çıktı gözüyle bakılan kriterlerin alternatifler arasındaki en büyük değerleri alınarak, suni bir en iyi/ideal alternatif elde edilir. Bu son işlemin tam tersi gerçekleştirilerek ise varolabilecek en kötü durum elde edilir.

Bu aşamadan sonra, karar matrisi normalize edilir. Böylelikle yeni ölçüt vektörleri aynı birim uzunluğa sahip olmuş olur ve dolayısıyla karşılaştırılabilir hale gelirler. Kriterlerin ağırlıkları da dikkate alınarak, her alternatifin bir önceki aşamada bulunan en iyi ve en kötü alternatiflere olan ağırlıklandırılmış Euclid uzaklığı hesaplanır. En iyi alternatife olan uzaklığın, en iyi ve en kötü alternatife olan toplam uzaklığa bölünmesiyle bulunan göreceli yakınlık değerlerine göre de, son olarak, alternatiflerin sıralaması yapılır. Seçim kriteri, bu oranın küçük olduğu ölçüde, alternatifin iyi olacağı şeklindedir ve en küçük orana sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

AHP, TOPSIS’ten farklı olarak uzaklıklara göre karar vermez. Genel bir deyişle, her alternatifin, her kritere göre bir not almasını sağlar ve kriterlerin önemleri gözönünde bulundurularak yapılan, notların ağırlıklandırılmış toplamı ile alternatiflerin sıralamasını gerçekleştirir. En yüksek notu alan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

AHP, sübjektif kriterler için, her alternatifin ikili olarak karşılaştırılması ile oluşturulmuş olan matrislerden yola çıkar. Öncelikle bu kriterler, karar verici tarafından yapılan değerlendirmelerden elde edildiği için, bazı tutarsızlıklar içerebileği ihtimali unutulmamalıdır. Bu yüzden model herhangi bir işleme başlamadan tutarlılık analizinin

yapılmasını zorunlu tutar. Tutarlılık oranı 0.1'in üzerinde olan değerlendirmelerin, karar verici tarafından yeniden gerçekleştirilmesi istenir. Bu yeni değerlendirmeler sırasında ara değerlerin kullanılması tutarlılığı arttırabilecektir. Eğer birden fazla karar verici varsa, yani seçim grup kararı ile veriliyorsa, öncelikle her karar verici için oluşturulmuş matrislerin geometrik ortalamaları alınır. Bu işlem uç noktaların ortadan kaldırılmasını ve genel kaniya yaklaşılmasını sağlayacaktır.

Her sübjektif kriter için tutarlılık sağlandıktan sonra, öncelikle her bir matris için sütun normalizasyonu gerçekleştirilir. Bu işlem yapıldıktan sonra her satırın ortalamasının alınması ile, o kriter için alternatiflerin göreceli önemleri, bir önceki paragrafta "not" olarak bahsettiğimiz değerleri, elde edilir. Aynı işlem kriterlerin ikili karşılaştırılması ile oluşturulan matris için de gerçekleştirilerek, kriterlerin göreceli önemleri oluşturulur. Son olarak da ilk olarak bahsettiğimiz ağırlıklı toplam hesaplanır ve alternatiflerin sıralaması elde edilir. En yüksek nota sahip alternatif seçilir.

Tezin, bu modellerin açıklanmasından sonraki bölümlerinde, uygulama kısmında sayısal örnek ile kullanımının da gösterilmesiyle, TOPSIS modelinin farklı bir uygulamasının önerilmesinin yapıldığı bir bölüme de yer verilmiştir. Modeller aynı örnek üzerinde birbirleriyle uyum içerisinde sonuçlar vermiş olup sonuçlar doğrultusunda modellerin birbirlerine alternatif olarak kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

TOPSIS modelinin farklı uygulamasının nedeni, iki modelimiz arasında çatışma olmasını engellemek amacıyla. AHP'de bulunan sübjektif kriterlerin değerleri ve kriterlerin göreceli önemleri için TOPSIS'te yeniden uzman fikrine başvurulmamıştır. Halihazırda uzmanlar veya karar vericiler tarafından AHP uygulanırken elde edilen değerler aynen kullanılmıştır. Aksi takdirde, TOPSIS ile çözüm yapılırken, örneğin kriterlerin göreceli önemlerinin belirlenmesi sırasında, direk olarak uzmanlara fikir sorulduğunda, AHP uygulanırken yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu bulunan yüzde değerlerinden çok daha farklı sonuçlar ortaya çıkabilecektir ve bu da iki modelin farklı sonuçlar vermesini mümkün kılacaktır. Böylece TOPSIS modelinin farklı bir metodu önerilmiştir.

Modellerin birbirlerine alternatif olarak kullanılabilirliğinin de tartışılmasından sonra, tezin uygulama bölümü yer almaktadır. Eczacıbaşı – Baxter Hastane Ürünleri San. Ve Tic. A.Ş.'ne fason iş yapan bir firma olan KURTEKS adlı firmada gerçekleştirilen uygulama sırasında, yedi (7) adet farklı iş grubunda çalışan farklı sayıda işçileri, karar vericinin belirlemiş olduğu dört kriter altında incelendi. Öncelikle AHP'nin uygulandığı performans değerlendirmesi problemi daha sonra da TOPSIS ile ele alınarak iki modelin birbirlerine alternatif olarak kullanılabilirliği bir kez de bu uygulama ile gösterilmiştir.

Karar verici, işçilerin performanslarının dört boyutta incelenmesini uygun görmüş olup, bu boyutlar yine karar verici tarafından, işçinin üretim miktarı, işçinin devam durumu, işçinin temizliği ve işçinin eğitim seviyesi olarak belirlenmiştir.

Serum seti imalatı yapılan bu işletmede, yapılan işte insan hayatının söz konusu olmasından dolayı, temizlik en önemli koşuldur. Olmazsa olmaz şart olan temizlik, bu yüzden uygulamanın en önemli kriteri olarak ele alınmıştır.

İlk iki kriter sayısal değerleri elde edilebilir olmalarından dolayı objektif kriterlerdir ve bu kriterler için, üç aylık değerler gözönünde bulundurulmuştur. Diğerleri ise sübjektif kriterler olup, değerleri karar verici tarafından AHP uygulanırken ikili karşılaştırmalar ile belirlenmiştir. Uygulama sırasında, karar vericinin yapmış olduğu bu ikili karşılaştırmaların bazılarında kabul edilemeyecek derecede tutarsızlık olduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine, karar vericiden yeniden fikir alınması ile tutarsızlıklar bertaraf edilmiş ve uygulamanın yapılmasına devam edilebilmiştir.

TOPSIS uygulaması sırasında, ikinci kriterin dışındakilerin yüksek değerleri tercih ediliyor olmasından ötürü bu kriterler çıktı olarak, düşük değerleri tercih edilen ikinci kriter ise girdi olarak ele alınmıştır.

Elde edilen yedi iş grubuna ait sıralamaların iki tanesinde, AHP - TOPSIS arasında sıralama farklılığı gerçekleşti. Bu farklılıklardan bir tanesi son iki sırayı alan işçiler arasında, diğeri ise sondan ikinci ve sondan üçüncü olan işçiler arasında gerçekleşti. Bir modelden diğerine geçerken bu işçiler yer değiştirmiş görünüyordular. Ancak bu

değişimin, karar üzerinde her hangi bir değişiklik yaratmaması ve yedi sıralamanın sadece iki tanesinde ve oldukça da son sıralarda bulunan alternatifler arasında meydana gelmesi, modellerin denk olmadıklarını söylemek için yeterli olmamıştır.

Sonuç olarak günümüzde, gerek çalışan bazında, gerekse organizasyon veya şirket bazında performans değerlendirmesini gerçekleştirebilmek için sadece insan kaynakları birimi tarafından uygulanan klasik yöntemlerin dışında, bu tezin konusunu oluşturan çok ölçütlü karar verme tekniklerinin de kullanılabileceği ve bu tekniklerin birbirleri ile denk oldukları, bu çalışma ile gösterilmiştir.



1.Introduction

L'évaluation de performance est un des plus importants domaines à analyser pour la continuité de l'organisation. Peut être appliqué au niveau des individus ainsi qu'au niveau inter organisationnel. Mais en tout cas, elle a pour but de voir la situation dans laquelle l'individu/l'organisation se trouve. Si la situation est sous les exigences, alors le but est de trouver les moyens d'augmenter la performance et d'améliorer la situation. Si, au contraire, la situation est mieux que nécessaire, alors le but est de prendre des précautions pour que ce niveau de performance règne.

Ce travail a pour but de mesurer la performance avec des méthodes de prise de décision à multicritères. Pourquoi multicritère? Car dans le monde contemporain, la performance a plusieurs dimensions. Les entreprises exigent plusieurs différents critères, de leurs employés. Non seulement la façon de travailler mais il est important pour l'individu d'être en bonne relation avec ses collègues, de faire des activités sociales etc. Donc, on se confronte avec un panier contenant plusieurs différents biens dont on ne peut pas additionner comme on veut. Pour ce faire, deux méthodes fréquemment utilisées, nommées "Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS" et "Analytic Hierarchy Process – AHP", sont utilisées dans ce travail. Ces méthodes peuvent être utilisées pour évaluer la performance générale des organisations ou des entreprises par rapport/dans le secteur où elles fonctionnent. Mais ici, on verra leur utilisation pour évaluer la performance des employés travaillant pour une entreprise.

TOPSIS nous donne une solution en comparant chaque alternatif avec le meilleur des cas et le pire des cas qui pourraient exister parmi les alternatives. Cette méthode fait ce dernier dans la base de distance. Et AHP nous donne une solution en faisant des comparaisons binaires des alternatives entre eux. C'est à dire au lieu de prendre les

distances en considération, AHP s'intéresse aux priorités relatives. A la fin, avec toutes les deux méthodes, on obtient une classification des alternatives. Ce qui sera différent dans le travail est la méthode modifiée de TOPSIS que l'on utilisera. Au lieu de résoudre le problème avec TOPSIS classique, une méthode modifiée de TOPSIS sera expliquée et appliquée pour ce faire.

Dans ce travail, au chapitre 6, vous pouvez aussi trouver une application réelle faite dans une entreprise. Le cas sera évalué avec les deux méthodes : AHP et la méthode modifiée de TOPSIS et la comparaison de ces deux sera aussi faite.



2.Evaluation de Performance

2.1.Une Approche Historique à l'Evaluation de Performance

Quand on regarde d'une perspective historique à l'évaluation de performance d'affaires, on voit qu'il existe un changement au niveau d'approche aux sujets d'évaluation de performance de base comme l'utilisation des évaluations, les techniques d'évaluation etc. Spécialement en Europe d'Ouest et en Amérique du nord, l'évaluation de performance a été utilisée pour prendre les décisions de direction/personnelles. L'évaluation de performance a produit des données très utiles pour la détermination de salaire, la promotion ou le renvoi. Mais, il ne faut pas penser que ces évaluations sont les seules à prendre en compte en prenant les décisions de gestion. Par exemple, l'augmentation des salaires est aussi liée à la situation du marché dans lequel la société se trouve.

Autre que l'utilisation gestionnaire, les évaluations de performance sont aussi utilisées afin d'informer les employés à propos de leurs performances et de les améliorer. Alors que le but dans l'utilisation gestionnaire est d'évaluer la performance de l'employé en comparant ce dernier aux autres qui font un travail similaire et de trouver sa position, le but des évaluations de feedback est de trouver la position de l'employé comparée à des standards prédéfinies et de définir les branches où il fonctionne bien/mal et de faire ce qui est nécessaire.

Les évaluations de performances, spécialement après les années 60, sont utilisées pour servir les buts organisationnels comme la planification des ressources humaines, la détermination des besoins d'éducation. Une recherche montre que les informations de l'évaluation de performance sont utilisées spécialement dans les quatre domaines

suivants : les décisions nécessitant la comparaison inter-personne (détermination de salaire, promotion etc.), les décisions nécessitant la comparaison de la personne en soi (feedback, besoins d'éducation individuelle etc.), les décisions orientées à la continuation du système (détermination de la cible, la planification de main d'œuvre etc.) et la documentation (documentation des décisions de personnel).

Les échelles d'évaluation graphique - EEG sont les formats d'évaluation les plus anciens et faciles qui sont actuellement trop utilisés. Dans cette méthode, la performance de l'employé est évaluée aux dimensions de capacité générale et/ou les qualités personnelles. Les échelles utilisées dans l'évaluation sont graduées par des adjectifs ou des nombres. Il est exigé, de celui qui évalue, de marquer le nombre ou l'adjectif qui représente le mieux la performance de l'employé. L'avantage de ce modèle est qu'il est facile à améliorer et à appliquer. La critique majeure faite pour ce modèle est que les dimensions sur lesquelles on fait l'évaluation sont abstraites et ne sont pas assez définies. Identiquement, les nombres et les adjectifs en considérations sont très ouverts aux commentaires.

Les auteurs qui défendent l'idée de ne pas prendre en considération les qualités personnelles dans l'évaluation de performance, pensent qu'il faut baser l'évaluation de performance sur les attitudes que l'on peut facilement surveiller. Les modèles basés sur cette idée contiennent des dimensions de performance qui sont graduées selon les attitudes. L'amélioration de ces modèles est dur mais ce qui est avantageux est que les niveaux et les dimensions d'évaluation sont graduées selon les attitudes. Les recherches récentes montrent que ces modèles sont plus efficaces à définir les cibles et qu'ils sont plus préférés par les utilisateurs.

Il y a trois situations très fréquentes et qui nous font penser que les évaluations de performances possèdent des fautes :

La première est le fait que le 80 - 90% des utilisateurs fassent des évaluations nettement au-dessus de la moyenne. Ce qui est appelé la faute de la générosité. La deuxième est le fait de ne pas pouvoir observer les différences de performance espérées d'un groupe

dans les évaluations. Et la troisième est la situation où les évaluations d'une personne sur les différentes dimensions de performance montrent une forte corrélation.

Avec ces fautes d'évaluation traditionnelles, un autre sujet de recherche est l'effet d'avoir évalué quelqu'un sur les évaluations futures de la même personne (bien sûr faite par un seul évaluateur). Les évaluations faites parallèlement avec les évaluations passées montrent l'effet d'assimilation et celles qui sont faites différemment montrent l'effet de contraste.

Une autre critique aux modèles d'évaluation de performance est de ne pas prendre en considération le milieu dynamique où les évaluations sont faites et qui affecte directement les évaluations. Les recherches montrent que la justice des évaluations change selon le but d'évaluation. Les évaluations gestionnaires sont plus généreuses que les évaluations de recherche ou de feedback. Les gestionnaires ont accepté qu'ils sont généreux dans les évaluations qu'ils font parce que, d'une part ils pensent que le fait de donner un feedback négative affectera les relations face à face et d'une autre part ils veulent motiver et aider à avancer leurs employés, cacher leurs propres fautes. Ceux-là ont aussi avoué qu'ils ont baissé leurs évaluations afin de faire apprendre quelque chose à l'employé ou de dire à ce dernier qu'il est le temps de quitter pour lui. Pour éviter ce genre d'attitudes politiques, il faut que la direction supérieure prenne l'évaluation de performance en sérieux et transmet ce fait aux niveaux inférieurs.

2.2.Nouvelles Approches et Courants Dans l'Evaluation de Performance

Les exécutifs et les chercheurs sont encore dans le dilemme entre les critères objectifs et subjectifs de performance. Les critères objectifs sont celles qui sont possible d'exprimer directement numériquement. Et les critères subjectifs sont celles qui sont traditionnellement construites par les supérieurs. En faite, les critères subjectifs de performance sont un des plus importants sujets qui définissent la route d'évaluation de performance. On peut diviser les évaluations subjectives en deux groupes qui sont de race norme et de race critère. Dans le premier, l'évaluation de performance contient le

positionnement de l'individu quand il est comparé aux individus qui font des travaux identiques/semblables. Classement simple et comparaison binaire peuvent être les exemples de ce premier groupe. Dans l'approche de race critère, la performance de l'employé est évaluée selon les standards de performance prédéfinis.

Quand on analyse les modèles de performances multidimensionnelles, on voit que la performance de travail contient aussi des tâches et des responsabilités qui ne sont pas propres au travail.

Parmi les sources probables pour les évaluations de performance qui sont faites par les supérieurs de premier ordre, on peut citer l'employé lui-même, les collègues, les supérieurs et les clients. Alors qu'on pense que les supérieurs sont compétents pour l'évaluation, on peut fournir des informations très utiles qui seraient impossible de transmettre aux supérieurs. Il existe des recherches qui montrent que les collègues fournissent des informations utilisables pour la performance. Les avantages des évaluations de collègues peuvent être groupés sous trois titres : Premièrement, les collègues ont plus d'opportunités de surveiller. Deuxièmement, les employés sachant qu'ils sont en train d'être évalué par les supérieures ont tendance de changer leurs attitudes afin de prendre des « notes » élevées alors que les collègues surveillent leur façon d'agir naturellement. Dernièrement, il y aura plusieurs collègues dont on peut collecter les idées sur un seul employé.

Une des plus nouvelles approches à propos de source d'évaluation de performance est l'évaluation de performance à multisources et l'utilisation de feedback. Dans cette approche, les évaluations obtenus de différentes sources sont réunies afin d'être utilisé pour l'amélioration personnelle et pour les décisions de personnel.

2.3. Conseils A Propos de l'Application

Les supérieurs doivent avoir un rôle actif dans la détermination des cibles de performance avec l'employé, l'orientation des employés à ces cibles, l'évaluation de la

performance sur la base des cibles et en donnant le feedback à l'employé dans un intervalle de force diminué.

Les supérieurs doivent régulièrement donner le message qui indique que les règles ordonnant la vie de travail ne seront jamais flexibles, qu'il n'y aura pas de différenciation individuelle et que les primes seront données seulement aux gens qui les méritent. La prise de l'évaluation de performance en sérieux et le fait de ne pas réagir politiquement à l'application par la direction supérieure, diminuent les tendances politiques. Un autre facteur qui diminue les tendances politiques est la prise de responsabilité, par la direction supérieure et par les évaluateurs, de l'explication des évaluations. Dans les organisations, il faut que des mécanismes qui présentent les évaluations sous forme de « évaluateur & feedback » soient développés.

Un grand pas au sujet de l'utilisation des évaluations de performance comme entrée pour les applications de gestion de ressources humaines, en prenant l'évaluation de performance en sérieux, sera l'éducation de l'évaluateur. L'éducation doit répondre aux questions suivantes : Quelle est le but de l'évaluation de performance pour l'organisation en considération ? Qu'est-ce que les informations à la fin d'une évaluation systématique apporteront à l'organisation, aux supérieurs et aux employés ? Qu'est-ce qu'on doit faire pour que le processus d'évaluation soit juste ? Comment doit-on utiliser les informations obtenues ?

3.L'Approche de TOPSIS – “Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution”

Yoon (1980) et Hwang et Yoon (1981) ont développé, une technique de « Multi Criteria Decision Making – MCDM » appelée « Technique for Order Preference by Similarity To Ideal Solution – TOPSIS », en utilisant le principe intuitive ce qui est : L'alternative choisie, doit avoir la plus petite distance à l'alternative idéale et la plus grande distance à l'alternative négative idéale. Mais une alternative qui a la plus petite distance à l'alternative idéale n'a pas nécessairement la plus grande distance à l'alternative négative idéale et vice versa. TOPSIS considère les distances aux alternatives idéale et négative idéale simultanément. L'évaluation de préférence de TOPSIS mesure la distance relative des alternatives à l'alternative qui est appelée “la solution idéale”. L'étape la plus importante est de déterminer les attributs ou les critères qui seront utilisés comme la base de sélection et ce dernier doit être faite très attentivement.

Si à l'alternative considérée, on peut assigner des valeurs numériques pour un attribut, alors cet attribut est appelé objectif. Sinon, on dit que l'attribut est subjectif et ce type d'attribut est plus difficile à quantifier. Dans toutes les applications réelles, les attributs peuvent être groupés dans deux classes: les attributs de nature entrée, dont les valeurs petites sont préférées, et les attributs de nature sortie, dont les valeurs grandes sont préférées.

3.1.Quelques Définitions Sur TOPSIS [2]:

La Matrice de Valeur Objective (OV): Dans cette matrice, on représente les valeurs des attributs objectifs des alternatives. ,Soit $A_i, i = 1, \dots, M$, nos alternatives, $X_j, j = 1, \dots, N$,

nos critères objectives et $x_{i,j}$ la valeur de l'attribut X_j pour l'alternative A_i . Alors, la matrice OV est comme indiquée ci dessous:

$$\mathbf{OV} = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_N \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_M \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,N} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{M,1} & x_{M,2} & \dots & x_{M,N} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

La Matrice d'Evaluation Subjective (SR): On a mentionné que pour les attributs subjectifs, il n'est pas si facile de quantifier leurs valeurs. On obtient les valeurs de ces attributs par les évaluations des experts. Disons que E experts évaluent les attributs subjectifs des alternatives en utilisant un nombre entier entre un (1) et neuf (9), avec (1) représentant la performance la plus mauvaise et (9) représentant la meilleure performance. Puis une matrice d'évaluation subjective de chaque expert est construit. La somme pondérée de ces matrices est notre matrice SR finale.

Soit $X_s, s = N+1, \dots, N+L$, nos attributs subjectives. Avec les mêmes alternatives, notre matrice de SR sera comme indiquée ci dessous:

$$\mathbf{SR} = \begin{matrix} & X_{N+1} & X_{N+2} & \dots & X_{N+L} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_M \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{1,N+1} & x_{1,N+2} & \dots & x_{1,N+L} \\ x_{2,N+1} & x_{2,N+2} & \dots & x_{2,N+L} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{M,N+1} & x_{M,N+2} & \dots & x_{M,N+L} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Si on nomme la matrice SR de p iem expert comme \mathbf{SR}^p et son poids comme μ_p , alors, on calcule SR de la façon suivante:

$$\mathbf{SR} = \sum_{p=1}^E \mu_p \mathbf{SR}^p / E \quad (3.1)$$

i.e. chaque élément de SR sera:

$$x_{i,s} = \sum_{p=1}^E \mu_p x_{i,s}^p / E \quad \text{pour tout } s = N+1, \dots, N+L \quad (3.2)$$

La matrice de décision finale (DM): On obtient cette matrice en combinant les matrices de OV et SR:

$$\mathbf{DM} = [\mathbf{OV}, \mathbf{SR}] = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_N & X_{N+1} & X_{N+2} & \dots & X_{N+L} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_M \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,N} & x_{1,N+1} & x_{1,N+2} & \dots & x_{1,N+L} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,N} & x_{2,N+1} & x_{2,N+2} & \dots & x_{2,N+L} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{M,1} & x_{M,2} & \dots & x_{M,N} & x_{M,N+1} & x_{M,N+2} & \dots & x_{M,N+L} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Celui qui va faire la décision peut attacher différents degrés d'importance aux différents critères. L'attribution des poids d'importance aux attributs doit être faite très attentivement. Nos experts évaluent encore les attributs utilisant [0% – 100%] comme échelle d'évaluation pour obtenir la distribution d'importance des attributs, où les valeurs plus élevées indiquent un attribut plus important. Puis, on obtient notre vecteur d'importance relative RI comme la somme pondérée des vecteurs RI de E experts. Si on nomme $r_j, j = 1, \dots, N+L$, l'importance relative pour l'attribut X_j alors notre vecteur de RI est représentée ci dessous:

$$\mathbf{RI} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_N & X_{N+1} & \dots & X_{N+L} \\ r_1 & r_2 & \dots & r_N & r_{N+1} & \dots & r_{N+L} \end{bmatrix}$$

Notons l'évaluation de l'importance relative de p_i expert pour le j iem attribut avec r_j^p et son poids avec μ_p . Donc les r_j sont calculées comme il est indiqué ci dessous :

$$r_j = \sum_{p=1}^E \mu_p r_j^p / E \quad (3.3)$$

Les alternatives idéale et négative idéale : Supposons que l'on utilise l'index g pour les attributs de nature entrée et c pour les attributs de nature sortie. Alors X_g sont les attributs de nature entrée et X_c sont les attributs de nature sortie. Ces alternatives, alternatives idéale et négative idéal, sont représentées, respectivement, par A^+ et A^- et sont définies de la façon suivante:

$$A^+ = \left(\min_i \{x_{i,g}\}, \max_i \{x_{i,c}\} \right) \quad (3.4)$$

$$A^- = \left(\max_i \{x_{i,g}\}, \min_i \{x_{i,c}\} \right) \quad (3.5)$$

3.2.Procédure de Sélection Utilisant TOPSIS:

- Normaliser le vecteur X_j du j iem attribut à X_j^n pour tout $j = 1, \dots, N+L$. Les nouveaux vecteurs d'attribut ont donc la même longueur unitaire et seront donc comparables.

Sous les nouvelles valeurs d'attribut, A_i , A^+ et A^- sont transformés à A_i^n, A_+^n et A_-^n respectivement:

$$A_i^n = (x_{i,j}^n) \quad \text{où } x_{i,j}^n = x_{i,j} / \|X_j\| \quad \text{for all } j = 1, \dots, N+L \quad (3.6)$$

$$A_+^n = (x_{+,j}^n) \quad \text{où } x_{+,j}^n = x_{+,j} / \|X_j\| \quad \text{for all } j = 1, \dots, N+L \quad (3.7)$$

$$A_-^n = (x_{-,j}^n) \quad \text{où } x_{-,j}^n = x_{-,j} / \|X_j\| \quad \text{for all } j = 1, \dots, N+L \quad (3.8)$$

- Définir les distances de A_i à A^+ et A^- comme la distances Euclidienne pondérée d' A_i^n à A_+^n et A_-^n :

$$\rho(A_i, A^+) \equiv \|RI.(A_i^n - A_+^n)\| \equiv \sqrt{\sum_{j=1}^{N+L} [r_j (x_{i,j}^n - x_{+,j}^n)]^2} \quad (3.9)$$

$$\rho(A_i, A^-) \equiv \|RI.(A_i^n - A_-^n)\| \equiv \sqrt{\sum_{j=1}^{N+L} [r_j (x_{i,j}^n - x_{-,j}^n)]^2} \quad (3.10)$$

- Ranger l'ordre de préférence de m alternatives par leurs distance relative à l'alternative idéal, qui est donnée pour l' i ème alternative comme:

$$RC(A_i, A^+) = \rho(A_i, A^+) / [\rho(A_i, A^+) + \rho(A_i, A^-)] \quad (3.11)$$

Le Critère de sélection de TOPSIS: Plus la valeur de RC est petite, plus alternative est préférée.

3.3.Application [3]

L'évaluation de performance et le classement des entreprises modernes est un processus complexe. La performance d'une société durant une période donnée est souvent reflétée par divers ratios financiers résumés à partir de leurs tableaux financiers comme la balance. Ces ratios fournissent des informations utiles aux actionnaires de la société, et reflètent la performance de la société à partir de différentes perspectives. La performance générale des sociétés concurrentes ne peut pas être proprement évaluée ou classée sans la considération simultanée de tous ces ratios. C'est pourquoi il est nécessaire de considérer simultanément plusieurs ratios financiers dans ce processus d'évaluation de performance et classement.

3.3.1.Alternatives et Le Critère de Sélection pour L'Exemple, Ratios Financiers

Dans l'exemple numérique que l'on va utiliser, on considère sept alternatives. Les alternatives seront choisies de même secteur, ciment. Elles seront évaluées par cinq critères de sélection, i.e. ratios financiers dont les importances, i.e. leurs poids, sont déterminées par deux experts:

- La Valeur de Marché / Vente Nette
- La Valeur de Marché / Equités des Actionnaires
- Dettes Financières / (Actifs * La Marge du Profit Net)
- Acide Test = (Actifs – Inventaires) / Dettes Courantes
- Augmentation de Ventes

Parmi ces critères, les trois premiers sont des critères de nature entrée (i.e. à minimiser) et les deux dernières sont les critères de nature sortie (i.e. à maximiser). Et toutes les critères que l'on a sont des attributs objectifs, donc on aura seulement la matrice d'OV comme la matrice DM. Les valeurs des critères pour les alternatives sont calculées utilisant leur tableau de balance annuelle de l'année 2000 et le Tableau 3.1 montre les valeurs des critères pour les alternatives:

Tableau 3.1: Les Valeurs des Critères pour les alternatives.

<i>Alternatives / Critères</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>1</i>	1,22514	1,02705	1,0155	2,72238	2,24076	1,83276	0,79491
<i>2</i>	5,65995	1,83262	1,28205	4,39015	2,96111	1,90004	0,778
<i>3</i>	0,00453	0,0016	0,00035	0,02212	0,05545	0,00329	0,00265
<i>4</i>	1,41218	2,01407	2,09095	1,00031	0,73713	1,73204	1,30876
<i>5</i>	0,30453	0,59635	0,46272	0,44929	0,28766	0,54605	0,45722

3.3.2.Sélection Avec TOPSIS

La DM est représentée ci dessous :

$$DM = \begin{bmatrix} 1,225 & 5,660 & 0,0045 & 1,412 & 0,305 \\ 1,027 & 1,833 & 0,0016 & 2,014 & 0,596 \\ 1,016 & 1,282 & 0,0003 & 2,091 & 0,463 \\ 2,722 & 4,390 & 0,0221 & 1,0 & 0,449 \\ 2,241 & 2,961 & 0,0554 & 0,737 & 0,288 \\ 1,833 & 1,90 & 0,0033 & 1,732 & 0,546 \\ 0,795 & 0,778 & 0,0027 & 1,309 & 0,457 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM on peut définir la solution idéale et négative idéale pour ce problème :

$$A^+ = [0,795 \quad 0,778 \quad 0,0003 \quad 2,091 \quad 0,596]$$

$$A^- = [2,722 \quad 5,660 \quad 0,0554 \quad 0,737 \quad 0,288]$$

Une fois que l'on a normalisé les $X_j, j = 1, \dots, 5$ à l'aide des équations (3.6), (3.7) et (3.8), on obtient la DM normalisée DM, DM^n , et de là on trouve la solution idéale et négative idéale normalisée, A_+^n et A_-^n :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,274 & 0,680 & 0,076 & 0,346 & 0,253 \\ 0,230 & 0,220 & 0,027 & 0,493 & 0,495 \\ 0,227 & 0,154 & 0,006 & 0,512 & 0,384 \\ 0,609 & 0,527 & 0,368 & 0,245 & 0,373 \\ 0,501 & 0,356 & 0,923 & 0,180 & 0,239 \\ 0,410 & 0,228 & 0,055 & 0,424 & 0,453 \\ 0,178 & 0,093 & 0,044 & 0,320 & 0,379 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,178 \quad 0,093 \quad 0,006 \quad 0,512 \quad 0,495]$$

$$A_-^n = [0,609 \quad 0,680 \quad 0,923 \quad 0,180 \quad 0,239]$$

Nous avons demandé à deux experts, leurs idées sur les poids d'importance des critères de notre problème et nous avons collecté les résultats suivants :

$$RI^1 = [0,10 \quad 0,2 \quad 0,35 \quad 0,25 \quad 0,10]$$

$$RI^2 = [0,15 \quad 0,2 \quad 0,30 \quad 0,20 \quad 0,15]$$

Nous considérons que l'importance de nos experts est identique. Alors le vecteur RI final sera la moyenne arithmétique des RI^p , où $p = 1, 2$:

$$RI = [0,125 \quad 0,2 \quad 0,325 \quad 0,225 \quad 0,125]$$

Maintenant on peut utiliser les équations (3.9) et (3.10) pour trouver les distances Euclidiennes pondérées des alternatives à la solution idéale et négative idéale et l'équation (3.11) pour trouver finalement la distance relative de ces alternatives à la solution idéale :

$\rho(A_1, A^+) = 0,0168$	$\rho(A_1, A^-) = 0,0791$
$\rho(A_2, A^+) = 0,0007$	$\rho(A_2, A^-) = 0,1016$
$\rho(A_3, A^+) = 0,0004$	$\rho(A_3, A^-) = 0,1082$
$\rho(A_4, A^+) = 0,0282$	$\rho(A_4, A^-) = 0,0034$
$\rho(A_5, A^+) = 0,010$	$\rho(A_5, A^-) = 0,0044$
$\rho(A_6, A^+) = 0,00224$	$\rho(A_6, A^-) = 0,0922$
$\rho(A_7, A^+) = 0,00221$	$\rho(A_7, A^-) = 0,0996$

$$RC(A_1, A^+) = 0,175$$

$$RC(A_2, A^+) = 0,007$$

$$RC(A_3, A^+) = 0,003$$

$$RC(A_4, A^+) = 0,453$$

$$RC(A_5, A^+) = 0,958$$

$$RC(A_6, A^+) = 0,024$$

$$RC(A_7, A^+) = 0,022$$

Utilisant les valeurs de RC, nous pouvons obtenir le classement suivant pour les alternatives:

$$A_3 \succ A_2 \succ A_7 \succ A_6 \succ A_1 \succ A_4 \succ A_5$$



4. Analytic Hierarchy Process – AHP

4.1. Définition

AHP est une méthodologie robuste et flexible de MADM largement utilisée par les chercheurs. Développé par Saaty, fournit un squelette hiérarchique dans lequel les problèmes de multi-attribut peuvent être structurés [4].

Il y a trois étapes fondamentales en utilisant AHP [5]. Ce sont:

- a) La description du problème complexe de décision comme une hiérarchie;
- b) L'utilisation de comparaisons binaires pour estimer le poids (importance) relative de divers éléments sur chaque niveau de l'hiérarchie et
- c) L'intégration de ces poids pour développer une évaluation générale des alternatives de décision.

Dans une hiérarchie typique, le niveau le plus supérieur reflète l'objectif général du décideur. Les éléments affectant la décision sont appelés critères et elles sont représentées dans les niveaux intermédiaires. Les critères peuvent être divisés en sous-critères pour un raffinement additionnel. Les critères peuvent être subjectifs ou objectifs, dépendant des moyens utilisés en évaluant la contribution des éléments en dessous d'elles dans l'hiérarchie. Une fois que les critères sont définis, elles doivent être évaluées pour leur contribution relative au but ou au niveau supérieur suivant. Le niveau le plus bas contient les options de décision ou bien les alternatives.

Le nombre de critères ou alternatives doivent être raisonnablement petit pour permettre les comparaisons binaires compatibles. Saaty propose un nombre maximum de sept.

Une fois que l'hierarchie est construite, le décideur commence les détails des comparaisons binaires pour estimer l'importance relative de divers éléments sur chaque niveau. L'étape suivante est l'intégration de ces éléments utilisant les poids pour une priorisation générale des alternatives de décision. Ces évaluations subjectives sont transformées à des poids quantitatifs tel qu'un critère plus important reçoit plus de considération en faisant la décision finale.

Un bénéfice important d'AHP est que le processus prend en compte les incompatibilités dans les préférences. Incompatibilités existent parce que les informations redondantes reliées aux priorités sont présentes dans chaque matrice de préférence. Si l'incompatibilité dépasse 0,10, quelques révisions de jugement peuvent être exigées. Le processus d'amélioration de l'incompatibilité aide le décideur à penser à travers et clarifier les raisons pour faire un jugement particulier ou un ensemble de jugement [6].

AHP peut être utilisé pour faire des mesures relatives à travers les comparaisons binaires des critères et des alternatives ou pour faire les mesures de "rating" des alternatives en considérant les critères.

Les évaluations des alternatives en respectant chaque attribut et l'évaluation des attributs sont combinés pour obtenir une mesure d'utilité pour chaque alternative, i.e. une mesure qui indique le degré auquel chaque alternative satisfait ou contribue au but général.

4.2. Comparaisons Binaires

AHP permet de faire les comparaisons binaires de l'importance parmi les éléments de décision en respectant l'échelle montrée dans le Tableau 4.1 [7]:

Tableau 4.1 : L'échelle des comparaisons binaires

Importance Comparative	Définition	Explication
1	Egalement important	Deux éléments de décision (i.e. indicateurs) influencent également l'élément de décision supérieur.
3	Légèrement plus important	Un élément de décision à une influence légèrement plus grande que l'autre.
5	Fortement plus important	Un élément de décision à une influence plus forte que l'autre.
7	Très fortement plus important	Un élément de décision a une influence remarquablement plus forte que l'autre.
9	Extrêmement plus important	La différence entre les influences de deux éléments de décision est extrêmement remarquable.
2, 4, 6, 8	Les valeurs de jugement intermédiaires	Les valeurs de jugement entre également, légèrement, fortement, très fortement et extrêmement.
Réciproques		Si v est la valeur de jugement quand i est comparé à j , alors $1/v$ est la valeur de jugement quand j est comparé à i .

4.3. Evaluation de Compatibilité des Jugements Binaires

Dans la comparaison binaire de, par exemple, voiture, si vous dites que vous préférez BMW à Opel, vous préférez Opel à Peugeot et en même temps vous préférez BMW à Peugeot, alors vos jugements sont très compatibles.

Dans AHP, avant de commencer les calculs des poids basés sur les comparaisons binaires, il faut contrôler la compatibilité des données. Le degré de compatibilité est mesuré par le ratio de compatibilité qui sera expliqué en détail dans la section suivante. La compatibilité parfaite implique la valeur zéro pour le ratio de compatibilité. Pourtant, la compatibilité parfaite ne peut pas être exigée lorsque, étant des êtres

humains, nous sommes souvent en manque d'objectivité et incompatible avec nos jugements subjectifs. C'est pour cela qu'un ratio de compatibilité inférieur à 0.1 est considéré acceptable.

4.4. Les Bases Mathématiques d'AHP

Dans cette partie, les concepts mathématiques de base utilisés dans AHP seront situés.

La première tâche majeure dans AHP, nécessite l'estimation des poids d'un ensemble d'objets (critères ou alternatives) à partir d'une matrice de comparaisons binaires $A=(a_{ij})$ qui est positive et réciproque [8]. Donc, avec la matrice:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

où

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad \text{pour tout } i, j = 1, 2, \dots, n,$$

on voudrait calculer un vecteur de poids ou priorités $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$. On va typiquement normaliser w tel que la somme de w_i soit égale à 1.

Dans une situation de décision de groupe, on collecte les jugements de chaque membre du groupe et on prend la moyenne géométrique des matrices formées pour chaque

membre du groupe afin d'avoir une seule matrice. Avec la moyenne géométrique, les valeurs extrêmes sont éliminées. Mais dans ce travail, on se concentre sur la décision individuelle.

Si les jugements sont parfaitement compatibles, i.e.,

$$a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij} \text{ pour tout } i, j, k = 1, 2, \dots, n,$$

alors les entrées de la matrice A ne contiendraient pas d'erreurs et pourraient être exprimées comme:

$$a_{ij} = w_i / w_j$$

Pour voir ce dernier résultat, noter que

$$a_{ik} \cdot a_{kj} = w_i w_k / w_k w_j = w_i / w_j = a_{ij} \text{ pour tout } i, j, k = 1, 2, \dots, n$$

Dans ce cas, exécuter la normalisation de colonne pour la matrice A et prendre la moyenne des lignes pour trouver les poids finaux:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{kj} \right]}{n} \quad \text{pour tout } i = 1, 2, \dots, n \quad (4.1)$$

Cependant, les erreurs durant les jugements sont faites typiquement et par conséquent, le résultat final utilisant la normalisation de colonne va dépendre de la colonne choisie. Deux méthodes compétentes existent pour estimer les poids quand les erreurs de jugement existe: “*Logarithmic Least Squares – LLS*” et la méthode d’ “*eigenvector*” de Saaty. Nous allons nous concentrer à la méthode de Saaty⁸. Cette méthode calcule w comme l’eigenvector principale droit de la matrice A :

$$Aw = \lambda_{\max} w, \quad (4.2)$$

où λ_{\max} est la valeur maximale de eigen de la matrice, or⁹

$$Aw = \left[\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j \right], \text{ pour tout } i = 1, \dots, n$$

donc :

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \quad (4.3)$$

La méthode d’eigenvector donne aussi une mesure naturelle pour l’incompatibilité. Comme il est montré par Saaty, λ_{\max} est toujours plus grand ou égale à n pour les matrices positives et réciproques, et égale à n si et seulement si A est une matrice compatible. Donc $\lambda_{\max} - n$ fournit une mesure utile du degré d’incompatibilité. En normalisant cette mesure par la taille de la matrice, Saaty définit l’*index de compatibilité – CI* comme:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.4)$$

Pour chaque taille n de matrice, des matrices aléatoires sont générées et la moyenne de leurs valeurs CI, appelée l'*index aléatoire* – *RI*, est calculée. Ces valeurs sont données dans le Tableau 4.2:

Tableau 4.2 : Les index aléatoires pour les différentes valeurs de n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Utilisant ces valeurs, le *ratio de compatibilité* – *CR* est défini comme:

$$CR = CI / RI \quad (4.5)$$

Donc CR est la mesure de combien une matrice donnée peut être comparée à une complètement aléatoire aux termes de leurs CIs. Une valeur de $CR < 0.1$ est typiquement considérée acceptable; les valeurs plus grandes exigent le décideur de réduire les incompatibilités en révisant les jugements.

4.5.Application: Sélection de ville

4.5.1.La Définition du Problème

Considérons un étudiant gradué de MBA à Philadelphie avec quatre propositions de tâche dans quatre différentes villes: Boston, Los Angeles, St. Louis et Houston. Les tâches sont pratiquement pareilles. Donc, l'étudiant doit décider laquelle il va choisir

sur la base de la qualité de vie générale de chaque ville. Le critère majeur du décideur est la distance de ces villes à Philadelphie. Mais ce critère n'est pas le seul critère. Il y a d'autres facteurs qui influencent la décision:

- Coût de vie
- Climat
- Les facilités d'éducation :
 - o Ecoles élémentaires et lycées
 - o Collèges et universités
- Les facteurs de qualité de vie :
 - o La difficulté de transportation au travail.
 - o Arts et facilités récréationnelle

Premièrement il faut créer l'hierarchie du problème. La Figure 4.1 représente l'hierarchie de ce problème. Le but général de choisir la meilleure ville est au sommet de l'hierarchie, les critères sont au niveau suivant qui est suivie par les sous-critères et finalement les alternatives.

Quand cette étape est terminée, l'étape suivante est de déterminer la performance de chaque ville sous chaque critère. Parfois, on peut avoir les valeurs exactes pour les critères. L'exemple d'un tel critère pour notre exemple sera la distance des villes à Philadelphie. Et parfois on se servira des statistiques pour avoir des valeurs pour les critères. Voir le critère appelé le coût de vie de notre exemple. Quand il est impossible de trouver des valeurs exactes ou statistiques pour les critères, il faut faire la comparaison binaire des alternatives en respectant chaque critère et en utilisant les valeurs et les explications données dans la section (IV-2).

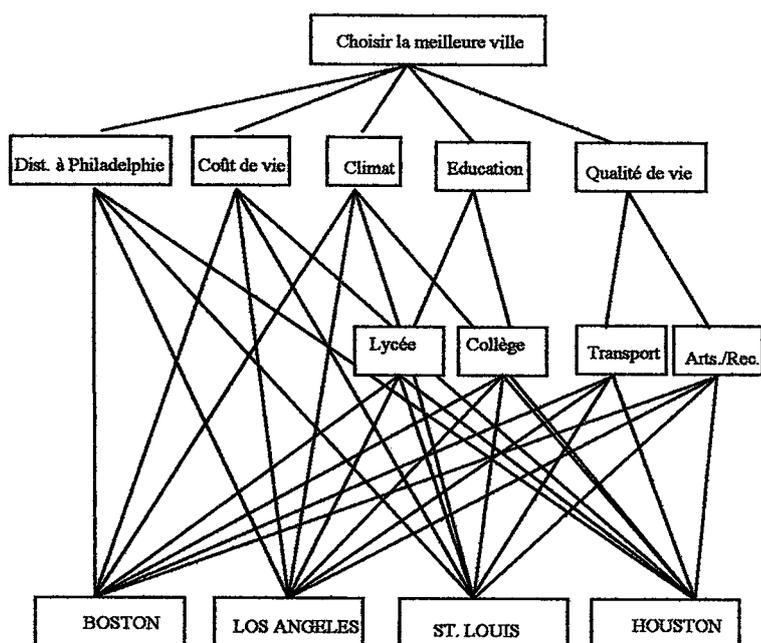


Figure 4.1.L'Hierarchie pour le problème de choix de ville

4.5.2.L'Evaluation des villes respectant les critères

Pour les distances, on prend les distances trouvées dans un atlas et on utilise l'inverse des valeurs actuelles (voir le Tableau 4.3) à cause du fait que l'on sommera les valeurs de chaque critère pour une ville donnée afin d'avoir sa "note" finale et celle qui aura la note maximale sera la meilleure ville à choisir. Comme la ville la plus proche est la ville la plus préférée donc l'inverse de sa distance sera normalement plus grande que celle des autres.

Tableau 4.3 : Distances des villes candidats à Philadelphie

Villes	Distance Actuelle(miles)	Inverse de la distance actuelle	Distance inverse normalisée
Boston	296	0,003378378	0,607280008
LA	2706	0,000369549	0,066428264
St. Louis	868	0,001152074	0,207090878
Houston	1508	0,00066313	0,11920085

Dans les sources statistiques, on a retiré les valeurs pour le coût de vie. Pour les mêmes raisons, on utilisera l'inverse de ces valeurs trouvées (voir le Tableau 4.4):

Tableau 4.4 : Coût de vie des villes candidats

Villes	Index de coût de vie	Pourcentage en dessous de l'index	Inverse des pourcentages	Pourcentage inverse normalisé
Boston	335,1	1,392	0,718390805	0,318357255
LA	345,1	4,418	0,226346763	0,100306315
St. Louis	330,5	1	1	0,443153299
Houston	341,1	3,207	0,311817898	0,13818313

Les tableaux suivants montrent la comparaison binaire des villes en respectant chaque critère/sous-critère.

Tableau 4.5 : La comparaison binaire des villes candidats en respectant le climat

CLIMAT	Boston	LA	St. Louis	Houston
Boston	1	1/3	2	5
LA	3	1	4	5
St. Louis	1/2	¼	1	2
Houston	1/5	1/5	1/2	1

Tableau 4.6 : La comparaison binaire des villes candidats en respectant les écoles élémentaires et les lycées

ECOLES	Boston	LA	St. Louis	Houston
Boston	1	5	1	4
LA	1/5	1	2	2
St. Louis	1	½	1	2
Houston	1/4	½	1/2	1

Tableau 4.7 : La comparaison binaire des villes candidats en respectant les collèges et les universités

UNIVERSITES	Boston	LA	St. Louis	Houston
Boston	1	2	5	6
LA	$\frac{1}{2}$	1	2	3
St. Louis	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	2
Houston	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1

Tableau 4.8 : La comparaison binaire des villes candidats en respectant la transportation

TRANSPORTATION	Boston	LA	St. Louis	Houston
Boston	1	1	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$
LA	1	1	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$
St. Louis	7	8	1	2
Houston	6	7	$\frac{1}{2}$	1

Tableau 4.9 : La comparaison binaire des villes candidats en respectant les facilités récréationnelle et arts

ARTS	Boston	LA	St. Louis	Houston
Boston	1	$\frac{1}{2}$	4	5
LA	2	1	5	6
St. Louis	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	1	2
Houston	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	1

Une fois que ces comparaisons binaires sont faites, il faut comparer les sous-critères. Cette procédure est montrée dans le Tableau 4.10 :

Tableau 4.10 : La comparaison des sous-critères

Sous-critère	Priorité Relative
Ecoles élémentaires et lycées	0,4
Collèges et universités	0,6
Transportation	0,3
Arts et Récréations	0,7

Avant de commencer les calculs, la dernière étape est de comparer les critères en respectant le but général. Le Tableau 4.11 montre cette comparaison binaire des critères:

Tableau 4.11 : La comparaison binaire des critères

	Distance	Coût	Climat	Education	Qualité de vie
Distance	1	2	1/2	2	1/3
Coût	1/2	1	1/4	2	1/3
Climat	2	4	1	2	1
Education	1/2	1/2	1/2	1	1/4
Qualité de vie	3	3	1	4	1

4.5.3.L'Exécution de AHP et Conclusion

Avec les bases mathématiques données dans la section (4.4), on trouve les priorités, w_i , de chaque ville respectant chaque critère (Tableau 4.12). On contrôle s'il y a une incompatibilité qui dépasse 0,1. Dans notre exemple, les données sont assez compatibles et il n'y a pas de donnée dont l'incompatibilité dépasse 0,1.

Pour nos critères possédant des sous-critères, nous faisons une simple somme pondérée des sous-critères afin d'avoir le w_i du critère général.

Les priorités relatives des critères sont trouvées à partir du Tableau 4.11 en utilisant les mêmes formules qu'on a utilisées pour trouver les w_i .

Enfin, la somme pondérée des w_i pour chaque ville, donne sa "note" finale et on choisit la ville ayant la plus grande "note".

Tableau 4.12 : Les w_i calculés et la priorité composée pour chaque ville candidat

	Distance	Coût	Climat	Education	Qualité de vie	
Priorité Relative	0,157	0,108	0,299	0,09	0,346	Priorité Composée
Boston	0,607	0,318	0,263	0,5	0,239	0,335974
LA	0,066	0,1	0,529	0,241	0,358	0,324891
St. Louis	0,207	0,443	0,133	0,17	0,242	0,219142
Houston	0,119	0,138	0,075	0,087	0,161	0,119548

Donc, la ville la plus préférée est Boston qui est suivie par ordre par LA, St. Louis et Houston.



5.Méthode Modifiée de TOPSIS

5.1.Méthode Proposée

Dans la nouvelle méthode proposée dans cette section, on prend la méthode de TOPSIS en entier et on modifie juste les étapes durant lesquelles on visite les experts pour demander leurs idées sur les poids ou bien les importances relatives des critères et sur les valeurs que les critères subjectifs vont prendre.

Normalement, les experts ou bien le(s) décideur(s) notaient les critères subjectifs avec des chiffres compris entre 1 et 9 avec 1 le pire et 9 le meilleur des cas. Quant aux importances relatives, ils utilisaient une échelle de pourcentage. C'est à dire, ils donnaient l'importance des critères en pourcentage. Mais dans la nouvelle méthode proposée, on se sert des valeurs trouvées à partir des comparaisons binaires trouvées en appliquant AHP au problème considéré.

Ce fait nous aide à résoudre le problème d'une manière plus efficace et plus objective. Et aussi, une confusion fortement probable au niveau de ces évaluations, en montrant que les méthodes peuvent être utilisées en alternance, sera empêchée. La raison de la confusion est simple : les idées données en faisant la comparaison binaire ne seront pas la même en donnant une valeur directe sur les critères.

5.2.Application Numérique

Prenons le même exemple que nous avons résolu dans le chapitre précédent et résolvons-le avec notre méthode modifiée de TOPSIS.

Nous avons cinq critères qui étaient : La distance, le coût de vie, le climat, l'éducation et la qualité de vie. La distance (D) et le coût de vie (CV) sont les critères objectifs de notre exemple et ils sont de nature entrée et le climat (C), l'éducation (E) et la qualité de vie (QV) sont les critères subjectifs et ils sont de nature sortie.

Les valeurs des critères objectifs sont écrites telles qu'elles sont. Les distances sont retirées d'un atlas et les valeurs de CV représentent le pourcentage de personnes qui sont en dessous de l'index de coût de vie pour chaque ville candidat. Les valeurs des critères subjectives sont les priorités relatives des villes candidats, calculées dans le chapitre précédent, respectant ces critères (Voir Tableau 4.12). Notre matrice de décision est représentée de la façon suivante :

$$DM = \begin{matrix} & & D & CV & C & E & QV \\ \begin{matrix} Boston \\ L.A. \\ St.Louis \\ Houston \end{matrix} & \begin{bmatrix} 296 & 1,392 & 0,263 & 0,501 & 0,239 \\ 2706 & 4,418 & 0,529 & 0,241 & 0,358 \\ 868 & 1,0 & 0,133 & 0,171 & 0,242 \\ 1508 & 3,207 & 0,075 & 0,087 & 0,161 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Noter bien que les valeurs des critères subjectifs sont déjà des valeurs normalisées. Donc il est inutile de refaire une normalisation pour ces derniers.

De même, au lieu de demander les avis des experts sur l'importance relative des critères, on va utiliser les valeurs trouvées en résolvant le problème avec AHP dans le chapitre précédent (Tableaux 4.11 et 4.12). Donc notre vecteur d'importance relative sera :

$$w = [0,157 \quad 0,108 \quad 0,299 \quad 0,09 \quad 0,346]$$

5.3. La Procédure de TOPSIS Modifié

- Calculons premièrement la DM normalisée à l'aide de la formule (3.6) :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,092 & 0,243 & 0,263 & 0,501 & 0,239 \\ 0,838 & 0,772 & 0,529 & 0,241 & 0,358 \\ 0,269 & 0,175 & 0,133 & 0,171 & 0,242 \\ 0,467 & 0,560 & 0,075 & 0,087 & 0,161 \end{bmatrix}$$

- D'où les alternatives idéale et négative idéale normalisés sont retirés :

$$A_+^n = [0,092 \quad 0,175 \quad 0,529 \quad 0,501 \quad 0,358]$$

$$A_-^n = [0,838 \quad 0,772 \quad 0,075 \quad 0,087 \quad 0,161]$$

- A l'aide des formules (3.9) et (3.10) on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$ et $\rho(A_i, A^-)$

$$\rho(A_1, A^+) = 0,090$$

$$\rho(A_1, A^-) = 0,149$$

$$\rho(A_2, A^+) = 0,136$$

$$\rho(A_2, A^-) = 0,153$$

$$\rho(A_3, A^+) = 0,131$$

$$\rho(A_3, A^-) = 0,115$$

$$\rho(A_4, A^+) = 0,172$$

$$\rho(A_4, A^-) = 0,063$$

- D'où les distances relatives des alternatives à l'alternative idéale :

$$RC(A_1, A^+) = 0,376$$

$$RC(A_2, A^+) = 0,471$$

$$RC(A_3, A^+) = 0,533$$

$$RC(A_4, A^+) = 0,733$$

- A la fin, on a le classement final :

Boston > L.A. > St.Louis > Houston

Ce qui est exactement le même résultat trouvé avec AHP.

6.Application

6.1.Définition de l'Application

Afin d'examiner l'utilisation de ces méthodes, on a décidé de faire une évaluation de performance des employés d'une entreprise travaillant pour Eczacibasi-Baxter qui fonctionne dans le secteur médical. L'entreprise produit des sets d'infusion. C'est à dire l'équipement qui sert à injecter le serum au bras du malade.

Dans cette entreprise, il y a sept stations de tâche ou bien sept différents groupes d'employés faisant sept différentes tâches. Les tâches et les abréviations que l'on va utiliser pour elles sont données ci-dessous:

- Montage d'aiguille à l'adaptateur – "AI"
- Montage de "flash tube" à l'adaptateur – "AF"
- Montage du groupe aiguille+ flash tube au tuyeau E5 – "EF"
- Montage du groupe de gouttelette au tuyeau E5 – "ED"
- Mise en pochette – "S"
- Cachetage – "Y"
- Embaquetage – "K"

Le nombre d'employés travaillant dans chacune de ces tâches sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 6.1: Le nombre d'employés pour chaque tâche

Tâche	Nombre d'employés
AI	6
AF	5
EF	7
ED	7
S	7
Y	7
K	4

Les critères de décision sont:

- Le nombre de production par personne – “CO1”
- Le nombre d'absence de l'employé – “CO2”
- La propreté de l'employé – “CS1”
- Le niveau d'éducation de l'employé – “CS2”

Les deux premiers critères sont les critères objectifs et les deux derniers sont les critères subjectifs. Il faut aussi noter que tous les critères sauf le nombre d'absence des employés, sont de nature sortie. En exécutant les procédures, à la place d'utiliser les noms des employés, on va utiliser les notations comme X1 pour l'employé numéro 1 pour la tâche X. On suppose que les critères sont indépendants les uns des autres. Surtout, on pouvait dire que CO1 et CS2 seraient dépendants mais au contraire, dans le type de travail fourni dans cette entreprise, le niveau d'éducation ne présente pas d'effet sur le nombre de production (Voir l'application pour la tâche AI : Selon les données, AI3 présente la production maximale alors que dans le classement de l'éducation, cet employé est le cinquième parmi les six employés de cette tâche).

Les employés de chaque tâche seront évalués séparément des employés d'une autre tâche. C'est à dire, on aura 7 différentes évaluations de performance à faire et à la fin on obtiendra l'employé de meilleure performance pour chaque groupe.

Le Tableau 6.2 représente les valeurs des critères objectifs retirées des documents de l'entreprise.

Tableau 6.2: Les Valeurs des critères objectifs

Employé	CO1	CO2
AI1	618300	
AI2	634000	
AI3	656000	1
AI4	634000	
AI5	650000	
AI6	644000	4
AF1	548000	2
AF2	619200	1
AF3	605000	1
AF4	578600	
AF5	586000	1
EF1	467600	2
EF2	448500	
EF3	485000	3
EF4	467000	
EF5	446000	1
EF6	385500	
EF7	454000	
ED1	610500	1
ED2	470000	3
ED3	584000	1
ED4	592000	
ED5	616000	2
ED6	624000	1
ED7	602000	1
S1	255750	1
S2	300000	11
S3	257000	2
S4	254700	3
S5	265500	
S6	237000	2
S7	115000	3
Y1	580000	2
Y2	504000	3
Y3	538000	1
Y4	576000	1
Y5	604000	
Y6	540000	2
Y7	562000	2
K1	1160000	3
K2	1080000	4
K3	1210000	2
K4	1190000	1

6.2. Résolution du problème avec AHP

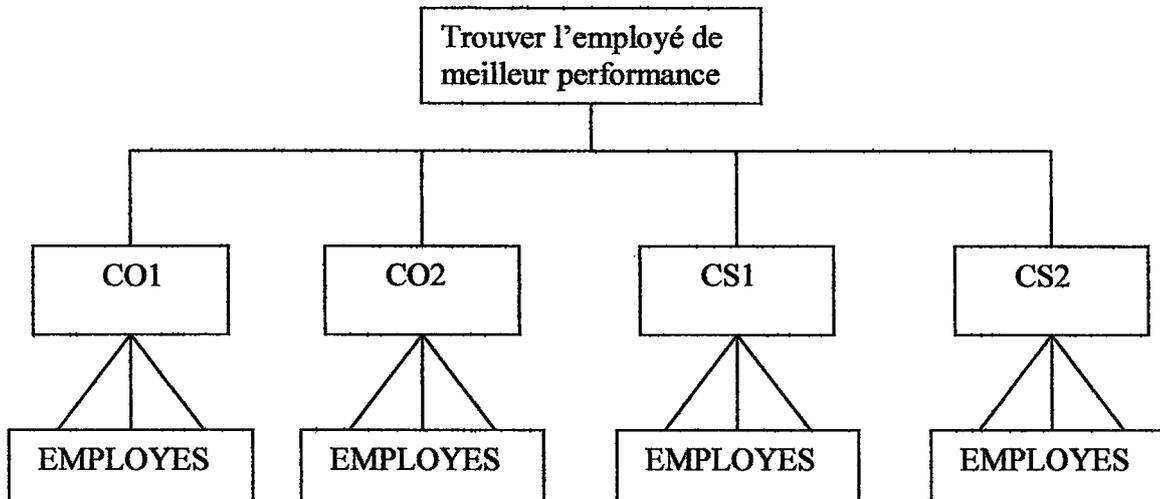


Figure 6.1 : Hiérarchie de l'application

6.2.1. Calcul des priorités relatives pour chaque tâche respectant les critères objectifs

Les tableaux commençant de 6.3 jusqu'à 6.16 montrent le classement des employés selon les critères objectifs respectant chaque tâche.

Tableau 6.3 : Classement des employés de AI selon leurs productions

<i>Employé</i>	<i>Production</i>	<i>Production Normalisée</i>
A11	618300	0,16117092
A12	634000	0,165263405
A13	656000	0,170998097
A14	634000	0,165263405
A15	650000	0,16943409
A16	644000	0,167870083

Tableau 6.4 : Classement des employés de AI selon leurs absences

Employé	Nombre d'absence	Pourcentage de présence	Pourcentages normalisés
AI1	0	1	0,169139466
AI2	0	1	0,169139466
AI3	1	0,98245614	0,166172107
AI4	0	1	0,169139466
AI5	0	1	0,169139466
AI6	4	0,929824561	0,15727003

Tableau 6.5 : Classement des employés de AF selon leurs productions

Employé	Production	Production Normalisée
AF1	548000	0,186597657
AF2	619200	0,210841732
AF3	605000	0,206006538
AF4	578600	0,197017162
AF5	586000	0,199536911

Tableau 6.6 : Classement des employés de AF selon leurs absences

Employé	Nombre d'absence	Pourcentage de présence	Pourcentages normalisés
AF1	2	0,964912281	0,196428571
AF2	1	0,98245614	0,2
AF3	1	0,98245614	0,2
AF4	0	1	0,203571429
AF5	1	0,98245614	0,2

Tableau 6.7 : Classement des employés de EF selon leurs productions

Employé	Production	Production Normalisée
EF1	467600	0,148274987
EF2	448500	0,142218417
EF3	485000	0,153792491
EF4	467000	0,148084729
EF5	446000	0,141425672
EF6	385500	0,122241248
EF7	454000	0,143962456

Tableau 6.8 : Classement des employés de EF selon leurs absences

Employé	Nombre d'absence	Pourcentage de présence	Pourcentages normalisés
EF1	2	0,964912281	0,139949109
EF2	0	1	0,145038168
EF3	3	0,947368421	0,13740458
EF4	0	1	0,145038168
EF5	1	0,98245614	0,142493639
EF6	0	1	0,145038168
EF7	0	1	0,145038168

Tableau 6.9 : Classement des employés de ED selon leurs productions

Employé	Production	Production Normalisée
ED1	610500	0,148956935
ED2	470000	0,114676101
ED3	584000	0,142491155
ED4	592000	0,144443089
ED5	616000	0,15029889
ED6	624000	0,152250823
ED7	602000	0,146883006

Tableau 6.10 : Classement des employés de ED selon leurs absences

Employé	Nombre d'absence	Pourcentage de présence	Pourcentages normalisés
ED1	1	0,98245614	0,143589744
ED2	3	0,947368421	0,138461538
ED3	1	0,98245614	0,143589744
ED4	0	1	0,146153846
ED5	2	0,964912281	0,141025641
ED6	1	0,98245614	0,143589744
ED7	1	0,98245614	0,143589744

Tableau 6.11 : Classement des employés de S selon leurs productions

Employé	Production	Production Normalisée
S1	255750	0,151784919
S2	300000	0,178046826
S3	257000	0,152526781
S4	254700	0,151161756
S5	265500	0,157571441
S6	237000	0,140656993
S7	115000	0,068251283

Tableau 6.12 : Classement des employés de S selon leurs absences

Employé	Nombre d'absence	Pourcentage de présence	Pourcentages normalisés
S1	1	0,98245614	0,148541114
S2	11	0,807017544	0,122015915
S3	2	0,964912281	0,145888594
S4	3	0,947368421	0,143236074
S5	0	1	0,151193634
S6	2	0,964912281	0,145888594
S7	3	0,947368421	0,143236074

Tableau 6.13 : Classement des employés de Y selon leurs productions

Employé	Production	Production Normalisée
Y1	580000	0,148565574
Y2	504000	0,129098361
Y3	538000	0,137807377
Y4	576000	0,147540984
Y5	604000	0,154713115
Y6	540000	0,138319672
Y7	562000	0,143954918

Tableau 6.14 : Classement des employés de Y selon leurs absences

Employé	Nombre d'absence	Pourcentage de présence	Pourcentages normalisés
Y1	2	0,964912281	0,141752577
Y2	3	0,947368421	0,139175258
Y3	1	0,98245614	0,144329897
Y4	1	0,98245614	0,144329897
Y5	0	1	0,146907216
Y6	2	0,964912281	0,141752577
Y7	2	0,964912281	0,141752577

Tableau 6.15 : Classement des employés de K selon leurs productions

Employé	Production	Production Normalisée
K1	1160000	0,25
K2	1080000	0,232758621
K3	1210000	0,260775862
K4	1190000	0,256465517

Tableau 6.16 : Classement des employés de K selon leurs absences

Employé	Nombre d'absence	Pourcentage de présence	Pourcentages normalisés
K1	3	0,947368421	0,247706422
K2	4	0,929824561	0,243119266
K3	2	0,964912281	0,252293578
K4	1	0,98245614	0,256880734

6.2.2. Evaluation des employés selon les critères subjectifs – Comparaisons binaires

On a demandé le décideur de comparer deux à deux les employés travaillant dans chaque groupe de tâche en considérant les critères subjectives. Les résultats obtenus sont montrés dans les tableaux commençant de 6.17 jusqu'à 6.30 :

Tableau 6.17 : Comparaisons binaires des employés de AI selon la propreté

CS1	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6
AI1	1	1	3	3	1	1/3
AI2	1	1	3	3	1	1/2
AI3	1/3	1/3	1	1	1/3	1/5
AI4	1/3	1/3	1	1	1/5	1/5
AI5	1	1	3	5	1	1
AI6	3	2	5	5	1	1

Tableau 6.18 : Comparaisons binaires des employés de AI selon l'éducation

CS2	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6
AI1	1	1	7	8	1/7	1/7
AI2	1	1	7	7	1/7	1/7
AI3	1/7	1/7	1	5	1/5	1/7
AI4	1/8	1/7	1/5	1	1/7	1/9
AI5	7	7	5	7	1	1/5
AI6	7	7	7	9	5	1

Tableau 6.19 : Comparaisons binaires des employés de AF selon la propreté

CS1	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5
AF1	1	3	3	3	5
AF2	1/3	1	4	1	3
AF3	1/3	1/4	1	1/3	1/3
AF4	1/3	1	3	1	2
AF5	1/5	1/3	3	1/2	1

Tableau 6.20 : Comparaisons binaires des employés de AF selon l'éducation

CS2	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5
AF1	1	1/3	3	1/5	1/3
AF2	3	1	3	1/3	2
AF3	1/3	1/3	1	1/4	1/3
AF4	5	3	4	1	3
AF5	3	1/2	3	1/3	1

Tableau 6.21 : Comparaisons binaires des employés de EF selon la propreté

CS1	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7
EF1	1	7	4	3	3	6	7
EF2	1/7	1	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2
EF3	1/4	5	1	3	3	3	4
EF4	1/3	3	1/3	1	1/3	1/2	3
EF5	1/3	3	1/3	3	1	3	5
EF6	1/6	3	1/3	2	1/3	1	3
EF7	1/7	1/2	1/4	1/3	1/5	1/3	1

Tableau 6.22 : Comparaisons binaires des employés de EF selon l'éducation

CS2	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7
EF1	1	4	1/3	4	3	3	4
EF2	1/4	1	1/6	1/2	1/5	1/4	1/3
EF3	3	6	1	6	4	6	7
EF4	1/4	2	1/6	1	1/5	1/3	3
EF5	1/3	5	1/4	5	1	7	6
EF6	1/3	4	1/6	3	1/7	1	4
EF7	1/4	3	1/7	1/3	1/6	1/4	1

Tableau 6.23 : Comparaisons binaires des employés de ED selon la propreté

CS1	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	ED6	ED7
ED1	1	1/7	1/7	1/3	1/3	4	1/5
ED2	7	1	1	6	3	8	4
ED3	7	1	1	7	4	8	3
ED4	3	1/6	1/7	1	1/4	3	1/5
ED5	3	1/3	1/4	4	1	4	1/2
ED6	1/4	1/8	1/8	1/3	1/4	1	1/7
ED7	5	1/4	1/3	5	2	7	1

Tableau 6.24 : Comparaisons binaires des employés de ED selon l'éducation

CS2	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	ED6	ED7
ED1	1	1/4	1	3	1/3	4	1/5
ED2	4	1	1	5	4	7	4
ED3	1	1	1	6	4	7	3
ED4	1/3	1/5	1/6	1	1/5	3	1/5
ED5	3	1/4	1/4	5	1	7	1/4
ED6	1/4	1/7	1/7	1/3	1/7	1	1/7
ED7	5	1/4	1/3	5	4	7	1

Tableau 6.25 : Comparaisons binaires des employés de S selon la propreté

CS1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1	1	1/4	1/5	1/6	1/2	1/5	3
S2	4	1	1	1/4	4	1	5
S3	5	1	1	1	3	1	5
S4	6	4	1	1	4	1	5
S5	2	1/4	1/3	1/4	1	1/3	4
S6	5	1	1	1	3	1	6
S7	1/3	1/5	1/5	1/5	1/4	1/6	1

Tableau 6.26 : Comparaisons binaires des employés de S selon l'éducation

CS2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1	1	7	5	1	2	5	3
S2	1/7	1	1/5	1/6	1/6	1/5	1/4
S3	1/5	5	1	1/6	1/5	1	1/4
S4	1	6	6	1	2	4	2
S5	1/2	6	5	1/2	1	4	2
S6	1/5	5	1	1/4	1/4	1	4
S7	1/3	4	4	1/2	1/2	1/4	1

Tableau 6.27 : Comparaisons binaires des employés de Y selon la propreté

CS1	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Y1	1	3	1/9	1	1	1/3	1/5
Y2	1/3	1	1/9	1	1	1/3	1/5
Y3	9	9	1	9	9	9	9
Y4	1	1	1/9	1	1	1/3	1/3
Y5	1	1	1/9	1	1	1/3	1/5
Y6	3	3	1/9	3	3	1	1
Y7	5	5	1/9	3	5	1	1

Tableau 6.28 : Comparaisons binaires des employés de Y selon l'éducation

CS2	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Y1	1	5	5	3	5	3	2
Y2	1/5	1	1	1/3	1	1/3	1/5
Y3	1/5	1	1	1/4	1/2	1/5	1
Y4	1/3	3	4	1	1/3	1	1/3
Y5	1/5	1	2	3	1	1/5	1/5
Y6	1/3	3	5	1	5	1	1
Y7	1/2	5	1	3	5	1	1

Tableau 6.29 : Comparaisons binaires des employés de K selon la propreté

CS1	K1	K2	K3	K4
K1	1	1	1/5	1
K2	1	1	1/5	1
K3	5	5	1	5
K4	1	1	1/5	1

Tableau 6.30 : Comparaisons binaires des employés de K selon l'éducation

CS2	K1	K2	K3	K4
K1	1	1/5	3	1
K2	5	1	5	5
K3	1/3	1/5	1	1/3
K4	1	1/5	3	1

6.2.3. La comparaison binaire des critères

Afin de trouver les poids des critères, le décideur doit faire la comparaison binaire des critères aussi. Le tableau 6.31 montre les jugements du décideur sur l'importance des critères du problème. A l'aide de l'analyse de compatibilité, on a vu que les jugements pour cette catégorie sont assez compatibles. Donc, on donne les priorités relatives (w_j) aussi dans le tableau :

Tableau 6.31 : Comparaisons binaires des critères

	CO1	CO2	CS1	CS2	Wi
CO1	1	1	1/9	1/2	0,072
CO2	1	1	1/9	1	0,082
CS1	9	9	1	9	0,744
CS2	2	1	1/9	1	0,102

6.2.4. L'Analyse de compatibilité

Quand on a analysé la compatibilité des comparaisons binaires données par le décideur, on a vu que le ratio de compatibilité pour les données montrés dans les tableaux 6.18, 6.22, 6.24, 6.26 et 6.28 dépasse 0,1. Tous les autres données sont sous cette limite de 0,1.

Ce fait nécessite de reprendre l'avis du décideur en utilisant plus de valeurs intermédiaires dans ses jugements. Alors, après avoir repris les jugements du décideur pour ces catégories, on a collecté les nouveaux résultats montrés dans les tableaux suivants :

Tableau 6.32 : Comparaisons binaires des employés de AI selon l'éducation

CS2	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6
AI1	1	1	2	8	1/7	1/7
AI2	1	1	2	7	1/7	1/7
AI3	1/2	1/2	1	2	1/5	1/7
AI4	1/8	1/7	1/2	1	1/7	1/9
AI5	7	7	5	7	1	1
AI6	7	7	7	9	1	1

Tableau 6.33 : Comparaisons binaires des employés de EF selon l'éducation

CS2	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7
EF1	1	4	1/3	4	2	2	4
EF2	1/4	1	1/6	1/2	1/3	1/4	1/3
EF3	3	6	1	6	3	4	7
EF4	1/4	2	1/6	1	1/5	1/3	2
EF5	1/2	1/3	1/3	5	1	6	6
EF6	1/2	4	1/4	3	1/6	1	3
EF7	1/4	3	1/7	1/2	1/6	1/3	1

Tableau 6.34 : Comparaisons binaires des employés de ED selon l'éducation

CS2	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	ED6	ED7
ED1	1	1/5	1/4	3	1/3	4	1/5
ED2	5	1	1	5	4	7	3
ED3	4	1	1	6	4	7	3
ED4	1/3	1/5	1/6	1	1/5	3	1/5
ED5	3	1/4	1/4	5	1	5	1/4
ED6	1/4	1/7	1/7	1/3	1/5	1	1/7
ED7	5	1/3	1/3	5	4	7	1

Tableau 6.35 : Comparaisons binaires des employés de S selon l'éducation

CS2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1	1	7	3	1	1	3	2
S2	1/7	1	1/3	1/6	1/6	1/5	1/4
S3	1/3	3	1	1/6	1/5	1	1/4
S4	1	6	6	1	2	4	2
S5	1	6	5	1/2	1	4	2
S6	1/2	5	1	1/4	1/4	1	4
S7	1/3	4	4	1/2	1/2	1/4	1

Tableau 6.36 : Comparaisons binaires des employés de Y selon l'éducation

CS2	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Y1	1	5	5	3	5	3	2
Y2	1/5	1	1	1/3	1	1/3	1/5
Y3	1/5	1	1	1/4	1/2	¼	1/3
Y4	1/3	3	4	1	1/3	½	1/3
Y5	1/5	1	2	3	1	1/5	1/5
Y6	1/3	3	4	2	5	1	1
Y7	1/2	5	3	3	5	1	1

Les nouveaux résultats sont assez compatibles pour continuer les calculs de notre modèle.

6.2.5. Les calculs finaux

6.2.5.1. Le classement pour la tâche AI

Le Tableau 6.37 montre les valeurs calculées dans la section 6.2.1 et les priorités relatives des employés pour les critères subjectifs. A l'aide de toutes ces valeurs, on calcule la priorité relative générale des employés pour cette tâche :

Tableau 6.37 : Les priorités relatives des employés de la tâche AI

Critères	CO1	CO2	CS1	CS2	
<i>WI</i>	0,072	0,082	0,744	0,102	Priorité Relative
AI1	0,16117092	0,169139	0,167	0,097	0,159615742
AI2	0,165263405	0,169139	0,176	0,092	0,166096401
AI3	0,170998097	0,166172	0,06	0,051	0,075779976
AI4	0,165263405	0,169139	0,056	0,029	0,070390401
AI5	0,16943409	0,169139	0,22	0,351	0,225550691
AI6	0,167870083	0,15727	0,321	0,38	0,302566788

Donc le classement finale pour cette tâche est comme indiqué ci-dessous :

$$AI6 \succ AI5 \succ AI2 \succ AI1 \succ AI3 \succ AI4$$

6.2.5.2. Le classement pour la tâche AF

Le Tableau 6.38 montre les valeurs calculées dans la section 6.2.1 et les priorités relatives des employés pour les critères subjectifs. A l'aide de toutes ces valeurs, on calcule la priorité relative générale des employés pour cette tâche :

Tableau 6.38 : Les priorités relatives des employés de la tâche AF

Critères	CO1	CO2	CS1	CS2	
WI	0,072	0,082	0,744	0,102	Somme Pondérée
AF1	0,186598	0,196429	0,432	0,1	0,361150174
AF2	0,210842	0,2	0,21	0,222	0,210464605
AF3	0,206007	0,2	0,071	0,066	0,090788471
AF4	0,197017	0,203571	0,179	0,439	0,208832093
AF5	0,199537	0,2	0,108	0,173	0,128764658

Donc le classement finale pour cette tâche est comme indiqué ci-dessous :

$$AF1 \succ AF2 \succ AF4 \succ AF5 \succ AF3$$

6.2.5.3. Le classement pour la tâche EF

Le Tableau 6.39 montre les valeurs calculées dans la section 6.2.1 et les priorités relatives des employés pour les critères subjectifs. A l'aide de toutes ces valeurs, on calcule la priorité relative générale des employés pour cette tâche :

Tableau 6.39 : Les priorités relatives des employés de la tâche EF

Critères	CO1	CO2	CS1	CS2	
Wi	0,072	0,082	0,744	0,102	Somme Pondéré
EF1	0,148275	0,139949	0,383	0,188	0,326279626
EF2	0,142218	0,145038	0,035	0,038	0,052048856
EF3	0,153792	0,137405	0,21	0,366	0,215912235
EF4	0,148085	0,145038	0,087	0,057	0,09309723
EF5	0,141426	0,142494	0,158	0,19	0,158799127
EF6	0,122241	0,145038	0,093	0,109	0,1010045
EF7	0,143962	0,145038	0,034	0,052	0,052858427

Donc le classement finale pour cette tâche est comme indiqué ci-dessous :

$$EF1 \succ EF3 \succ EF5 \succ EF6 \succ EF4 \succ EF7 \succ EF2$$

6.2.5.4. Le classement pour la tâche ED

Le Tableau 6.40 montre les valeurs calculées dans la section 6.2.1 et les priorités relatives des employés pour les critères subjectifs. A l'aide de toutes ces valeurs, on calcule la priorité relative générale des employés pour cette tâche :

Tableau 6.40 : Les priorités relatives des employés de la tâche ED

Critères	CO1	CO2	CS1	CS2	
Wi	0,072	0,082	0,744	0,102	Somme Pondéré
ED1	0,148957	0,14359	0,045	0,069	0,063017258
ED2	0,114676	0,138462	0,305	0,284	0,275498525
ED3	0,142491	0,14359	0,308	0,282	0,279949722
ED4	0,144443	0,146154	0,056	0,043	0,068434518
ED5	0,150299	0,141026	0,106	0,11	0,112469623
ED6	0,152251	0,14359	0,025	0,026	0,043988418
ED7	0,146883	0,14359	0,155	0,186	0,156641935

Donc le classement finale pour cette tâche est comme indiqué ci-dessous :

$$ED3 \succ ED2 \succ ED7 \succ ED5 \succ ED4 \succ ED1 \succ ED6$$

6.2.5.5. Le classement pour la tâche S

Le Tableau 6.41 montre les valeurs calculées dans la section 6.2.1 et les priorités relatives des employés pour les critères subjectifs. A l'aide de toutes ces valeurs, on calcule la priorité relative générale des employés pour cette tâche :

Tableau 6.41 : Les priorités relatives des employés de la tâche S

Critères	CO1	CO2	CS1	CS2	
Wi	0,072	0,082	0,744	0,102	Somme Pondéré
S1	0,151785	0,148541	0,048	0,21	0,080240886
S2	0,178047	0,122016	0,174	0,028	0,155136677
S3	0,152527	0,145889	0,199	0,058	0,176916793
S4	0,151162	0,143236	0,269	0,265	0,249795005
S5	0,157571	0,151194	0,075	0,21	0,100963022
S6	0,140657	0,145889	0,204	0,123	0,186412168
S7	0,068251	0,143236	0,031	0,106	0,05053545

Donc le classement finale pour cette tâche est comme indiqué ci-dessous :

$$S4 \succ S6 \succ S3 \succ S2 \succ S5 \succ S1 \succ S7$$

6.2.5.6. Le classement pour la tâche Y

Le Tableau 6.42 montre les valeurs calculées dans la section 6.2.1 et les priorités relatives des employés pour les critères subjectifs. A l'aide de toutes ces valeurs, on calcule la priorité relative générale des employés pour cette tâche :

Tableau 6.42 : Les priorités relatives des employés de la tâche Y

Critères	CO1	CO2	CS1	CS2	
Wi	0,072	0,082	0,744	0,102	Somme Pondéré
Y1	0,148566	0,141753	0,056	0,324	0,097032433
Y2	0,129098	0,139175	0,039	0,05	0,054823453
Y3	0,137807	0,14433	0,546	0,047	0,432775183
Y4	0,147541	0,14433	0,045	0,103	0,066444002
Y5	0,154713	0,146907	0,043	0,084	0,063745736
Y6	0,13832	0,141753	0,115	0,182	0,125706728
Y7	0,143955	0,141753	0,156	0,21	0,159472465

Donc le classement finale pour cette tâche est comme indiqué ci-dessous :

$$Y3 \succ Y7 \succ Y6 \succ Y1 \succ Y4 \succ Y5 \succ Y2$$

6.2.5.7. Le classement pour la tâche K

Le Tableau 6.43 montre les valeurs calculées dans la section 6.2.1 et les priorités relatives des employés pour les critères subjectifs. A l'aide de toutes ces valeurs, on calcule la priorité relative générale des employés pour cette tâche :

Tableau 6.43 : Les priorités relatives des employés de la tâche K

Critères	CO1	CO2	CS1	CS2	
Wi	0,072	0,082	0,744	0,102	Somme Pondéré
K1	0,25	0,247706	0,125	0,162	0,147835927
K2	0,232759	0,243119	0,125	0,601	0,190996401
K3	0,260776	0,252294	0,625	0,075	0,512113935
K4	0,256466	0,256881	0,125	0,162	0,149053737

Donc le classement finale pour cette tâche est comme indiqué ci-dessous :

$$K3 \succ K2 \succ K4 \succ K1$$

6.2.6. Commentaire Sur La Résolution Avec AHP

Si on regarde les tableaux 6.37 – 6.43, on notera que les valeurs pour CO2, varient très peu d'un employé à l'autre. On peut même dire que les valeurs sont similaires. Ce qui fait que ce critère n'affecte pas la classification finale et donc notre sélection. Ce fait est dû à l'absence rare et/ou similaire des employés.

6.3. Résolution du Problème Avec La Méthode Modifiée de TOPSIS

Avant de commencer tous les calculs, selon le modèle que l'on propose, comme poids ou importance relative des critères et les valeurs des critères subjectifs, on va utiliser les valeurs trouvées dans la résolution du problème avec AHP. Il faut bien noter que les valeurs des critères subjectifs, sont déjà normalisées. Donc on ne fait pas de normalisation supplémentaire pour ces derniers.

6.3.1. Résolution et classification pour la tâche AI

La DM pour cette tâche est comme suivant :

$$DM = \begin{bmatrix} 618300 & 0 & 0,167 & 0,097 \\ 634000 & 0 & 0,176 & 0,092 \\ 656000 & 1 & 0,06 & 0,051 \\ 634000 & 0 & 0,056 & 0,029 \\ 650000 & 0 & 0,22 & 0,351 \\ 644000 & 4 & 0,321 & 0,38 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM, on obtient la DM normalisée et les alternatives idéale et négatif-idéal :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,395 & 0 & 0,167 & 0,097 \\ 0,405 & 0 & 0,176 & 0,092 \\ 0,419 & 0,243 & 0,06 & 0,051 \\ 0,405 & 0 & 0,056 & 0,029 \\ 0,415 & 0 & 0,22 & 0,351 \\ 0,411 & 0,970 & 0,321 & 0,38 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,419 \quad 0 \quad 0,321 \quad 0,38]$$

$$A_-^n = [0,395 \quad 0,970 \quad 0,056 \quad 0,029]$$

D'où on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$, $\rho(A_i, A^-)$ et $RC(A_i, A^+)$. Ces valeurs-là sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.44 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche AI

$\rho(A_i, A^+)$	$\rho(A_i, A^-)$	$RC(A_i, A^+)$
0,118169	0,114877	0,507
0,111813	0,119755	0,483
0,198063	0,059805	0,768
0,20	0,079555	0,716
0,075203	0,149323	0,335
0,079554	0,20	0,284

Donc la classification pour cette tâche est comme suivante :

$$AI6 \succ AI5 \succ AI2 \succ AI1 \succ AI4 \succ AI3$$

6.3.2. Résolution et classification pour la tâche AF

La DM pour cette tâche est comme suivant :

$$DM = \begin{bmatrix} 548000 & 2 & 0,432 & 0,1 \\ 619200 & 1 & 0,21 & 0,222 \\ 605000 & 1 & 0,071 & 0,066 \\ 578600 & 0 & 0,179 & 0,439 \\ 586000 & 1 & 0,108 & 0,173 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM, on obtient la DM normalisée et les alternatives idéale et négatif-idéal :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,417 & 0,756 & 0,432 & 0,1 \\ 0,471 & 0,378 & 0,21 & 0,222 \\ 0,460 & 0,378 & 0,071 & 0,066 \\ 0,440 & 0 & 0,179 & 0,439 \\ 0,446 & 0,378 & 0,108 & 0,173 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,471 \quad 0 \quad 0,432 \quad 0,439]$$

$$A_-^n = [0,417 \quad 0,756 \quad 0,071 \quad 0,066]$$

D'où on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$, $\rho(A_i, A^-)$ et $RC(A_i, A^+)$. Ces valeurs-là sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.45 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche AF

$\rho(A_i, A^+)$	$\rho(A_i, A^-)$	$RC(A_i, A^+)$
0,071085	0,268606	0,209
0,169502	0,109196	0,608
0,273031	0,03115	0,898
0,188245	0,108393	0,635
0,244557	0,042916	0,851

Donc la classification pour cette tâche est comme suivante :

$$AF1 \succ AF2 \succ AF4 \succ AF5 \succ AF3$$

6.3.3. Résolution et classification pour la tâche EF

La DM pour cette tâche est comme suivant :

$$DM = \begin{bmatrix} 467600 & 2 & 0,383 & 0,188 \\ 448500 & 0 & 0,035 & 0,038 \\ 485000 & 3 & 0,21 & 0,366 \\ 467000 & 0 & 0,087 & 0,057 \\ 446000 & 1 & 0,158 & 0,19 \\ 385500 & 0 & 0,093 & 0,109 \\ 454000 & 0 & 0,034 & 0,052 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM, on obtient la DM normalisée et les alternatives idéale et négatif-idéal :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,391 & 0,535 & 0,383 & 0,188 \\ 0,375 & 0 & 0,035 & 0,038 \\ 0,406 & 0,802 & 0,21 & 0,366 \\ 0,391 & 0 & 0,087 & 0,057 \\ 0,373 & 0,267 & 0,158 & 0,19 \\ 0,323 & 0 & 0,093 & 0,109 \\ 0,380 & 0 & 0,034 & 0,052 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,406 \quad 0 \quad 0,383 \quad 0,366]$$

$$A_-^n = [0,323 \quad 0,802 \quad 0,034 \quad 0,038]$$

D'où on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$, $\rho(A_i, A^-)$ et $RC(A_i, A^+)$. Ces valeurs-là sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.46 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche EF

$\rho(A_i, A^+)$	$\rho(A_i, A^-)$	$RC(A_i, A^+)$
0,047491	0,261072	0,154
0,261074	0,065875	0,7985
0,14454	0,135282	0,517
0,222471	0,07686	0,743
0,169794	0,103388	0,622
0,217429	0,079399	0,733
0,261631	0,065907	0,7988

Donc la classification pour cette tâche est comme suivante :

$$EF1 \succ EF3 \succ EF5 \succ EF6 \succ EF4 \succ EF2 \succ EF7$$

6.3.4. Résolution et classification pour la tâche ED

La DM pour cette tâche est comme suivant :

$$DM = \begin{bmatrix} 610500 & 1 & 0,045 & 0,069 \\ 470000 & 3 & 0,305 & 0,284 \\ 584000 & 1 & 0,308 & 0,282 \\ 592000 & 0 & 0,056 & 0,043 \\ 616000 & 2 & 0,106 & 0,11 \\ 624000 & 1 & 0,025 & 0,026 \\ 602000 & 1 & 0,155 & 0,186 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM, on obtient la DM normalisée et les alternatives idéale et négatif-idéal :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,393 & 0,243 & 0,045 & 0,069 \\ 0,302 & 0,728 & 0,305 & 0,284 \\ 0,376 & 0,243 & 0,308 & 0,282 \\ 0,381 & 0 & 0,056 & 0,043 \\ 0,396 & 0,485 & 0,106 & 0,11 \\ 0,401 & 0,243 & 0,025 & 0,026 \\ 0,387 & 0,243 & 0,155 & 0,186 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,401 \quad 0 \quad 0,308 \quad 0,284]$$

$$A_-^n = [0,302 \quad 0,728 \quad 0,025 \quad 0,026]$$

D'où on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$, $\rho(A_i, A^-)$ et $RC(A_i, A^+)$. Ces valeurs-là sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.47 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche ED

$\rho(A_i, A^+)$	$\rho(A_i, A^-)$	$RC(A_i, A^+)$
0,197904	0,043188	0,821
0,060161	0,209976	0,223
0,020	0,215926	0,085
0,189098	0,064272	0,746
0,156471	0,064405	0,708
0,213124	0,040404	0,841
0,116	0,10602	0,522

Donc la classification pour cette tâche est comme suivante :

$$ED3 \succ ED2 \succ ED7 \succ ED5 \succ ED4 \succ ED1 \succ ED6$$

6.3.5. Résolution et classification pour la tâche S

La DM pour cette tâche est comme suivant :

$$DM = \begin{bmatrix} 255750 & 1 & 0,048 & 0,21 \\ 300000 & 11 & 0,174 & 0,028 \\ 257000 & 2 & 0,199 & 0,058 \\ 254700 & 3 & 0,269 & 0,265 \\ 265500 & 0 & 0,075 & 0,21 \\ 237000 & 2 & 0,204 & 0,123 \\ 115000 & 3 & 0,031 & 0,106 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM, on obtient la DM normalisée et les alternatives idéale et négatif-idéal :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,392 & 0,082 & 0,048 & 0,21 \\ 0,460 & 0,904 & 0,174 & 0,028 \\ 0,394 & 0,164 & 0,199 & 0,058 \\ 0,390 & 0,247 & 0,269 & 0,265 \\ 0,407 & 0 & 0,075 & 0,21 \\ 0,363 & 0,164 & 0,204 & 0,123 \\ 0,176 & 0,247 & 0,031 & 0,106 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,460 \quad 0 \quad 0,269 \quad 0,265]$$

$$A_-^n = [0,176 \quad 0,904 \quad 0,031 \quad 0,028]$$

D'où on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$, $\rho(A_i, A^-)$ et $RC(A_i, A^+)$. Ces valeurs-là sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.48 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche S

$\rho(A_i, A^+)$	$\rho(A_i, A^-)$	$RC(A_i, A^+)$
0,16473	0,072731	0,694
0,105238	0,108339	0,493
0,057979	0,13986	0,293
0,020872	0,187293	0,10
0,144495	0,084781	0,630
0,052708	0,143262	0,269
0,180127	0,054458	0,768

Donc la classification pour cette tâche est comme suivante :

$$S4 \succ S6 \succ S3 \succ S2 \succ S5 \succ S1 \succ S7$$

6.3.6. Résolution et classification pour la tâche Y

La DM pour cette tâche est comme suivant :

$$DM = \begin{bmatrix} 580000 & 2 & 0,056 & 0,324 \\ 504000 & 3 & 0,039 & 0,05 \\ 538000 & 1 & 0,546 & 0,047 \\ 576000 & 1 & 0,045 & 0,103 \\ 604000 & 0 & 0,043 & 0,084 \\ 540000 & 2 & 0,115 & 0,182 \\ 562000 & 2 & 0,156 & 0,21 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM, on obtient la DM normalisée et les alternatives idéale et négatif-idéal :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,392 & 0,417 & 0,056 & 0,324 \\ 0,341 & 0,626 & 0,039 & 0,05 \\ 0,364 & 0,209 & 0,546 & 0,047 \\ 0,390 & 0,209 & 0,045 & 0,103 \\ 0,409 & 0 & 0,043 & 0,084 \\ 0,365 & 0,417 & 0,115 & 0,182 \\ 0,380 & 0,417 & 0,156 & 0,21 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,409 \quad 0 \quad 0,546 \quad 0,324]$$

$$A_-^n = [0,341 \quad 0,626 \quad 0,039 \quad 0,047]$$

D'où on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$, $\rho(A_i, A^-)$ et $RC(A_i, A^+)$. Ces valeurs-là sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.49 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche Y

$\rho(A_i, A^+)$	$\rho(A_i, A^-)$	$RC(A_i, A^+)$
0,366162	0,035573	0,911
0,381741	0,000306	0,999
0,033204	0,378758	0,0806
0,373821	0,035132	0,914
0,375032	0,051788	0,879
0,322823	0,060692	0,842
0,292407	0,090307	0,764

Donc la classification pour cette tâche est comme suivante :

$$Y3 \succ Y7 \succ Y6 \succ Y5 \succ Y1 \succ Y4 \succ Y2$$

6.3.7. Résolution et classification pour la tâche K

La DM pour cette tâche est comme suivant :

$$DM = \begin{bmatrix} 1160000 & 3 & 0,125 & 0,162 \\ 1080000 & 4 & 0,125 & 0,601 \\ 1210000 & 2 & 0,625 & 0,075 \\ 1190000 & 1 & 0,125 & 0,162 \end{bmatrix}$$

A partir de cette DM, on obtient la DM normalisée et les alternatives idéale et négatif-idéal :

$$DM^n = \begin{bmatrix} 0,500 & 0,548 & 0,125 & 0,162 \\ 0,465 & 0,730 & 0,125 & 0,601 \\ 0,521 & 0,365 & 0,625 & 0,075 \\ 0,512 & 0,183 & 0,125 & 0,162 \end{bmatrix}$$

$$A_+^n = [0,521 \quad 0,183 \quad 0,625 \quad 0,601]$$

$$A_-^n = [0,465 \quad 0,730 \quad 0,125 \quad 0,075]$$

D'où on calcule les valeurs de $\rho(A_i, A^+)$, $\rho(A_i, A^-)$ et $RC(A_i, A^+)$. Ces valeurs-là sont montrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6.50 : Les distances relatives des alternatives pour la tâche K

$\rho(A_i, A^+)$	$\rho(A_i, A^-)$	$RC(A_i, A^+)$
0,375882	0,017545	0,955
0,374716	0,053652	0,875
0,055689	0,373224	0,130
0,374686	0,045848	0,891

Donc la classification pour cette tâche est comme suivante :

$$K3 \succ K2 \succ K4 \succ K1$$

6.4.Comparaison des résultats trouvés – Conclusion

Si on analyse les résultats trouvées, on verra que les deux méthodes ont toutes les deux données les mêmes résultats sauf pour les tâches AI, EF et Y.

Pour AI, le résultat trouvé avec AHP est : $AI6 \succ AI5 \succ AI2 \succ AI1 \succ AI3 \succ AI4$ alors que le résultat trouvé avec TOPSIS est : $AI6 \succ AI5 \succ AI2 \succ AI1 \succ AI4 \succ AI3$. La seule différence est au niveau des deux derniers employés qui sont juste alternés quand on change de méthode.

Pour EF, le résultat trouvé avec AHP est : $EF1 \succ EF3 \succ EF5 \succ EF6 \succ EF4 \succ EF7 \succ EF2$ alors que le résultat trouvé avec TOPSIS est : $EF1 \succ EF3 \succ EF5 \succ EF6 \succ EF4 \succ EF2 \succ EF7$. La seule différence est au niveau des deux derniers employés qui sont juste alternés quand on change de méthode.

Pour Y, le résultat trouvé avec AHP est : $Y3 \succ Y7 \succ Y6 \succ Y1 \succ Y4 \succ Y5 \succ Y2$ alors que le résultat trouvé avec TOPSIS est : $Y3 \succ Y7 \succ Y6 \succ Y5 \succ Y1 \succ Y4 \succ Y2$. La seule différence est au niveau des employés qui sont placés quatrième et sixième places et qui sont juste alternés quand on change de méthode.

On peut ignorer ce type de différence dans les classements quand on change de méthodes. En faite, sept classements sont faits avec chaque méthode. La seule différence qui est apparu sur deux de ces classements et ces différences-là n'affectent pas du tout la décision finale.

7. Conclusion

Les méthodes classiques d'évaluation de performance possèdent un désavantage ou une lacune. Il est très difficile d'évaluer effectivement les critères subjectifs. Alors que les critères objectifs sont faciles à quantifier, ceux qui sont subjectifs, nécessitent un travail attentif. Dans le cadre de ce travail, on a espéré trouver une solution à ce sujet en utilisant les méthodes de décision à multicritères.

Durant le travail on a vu que ces modèles-là aidaient le décideur à quantifier les critères subjectifs très efficacement. Au lieu d'exiger d'assigner des adjectifs ou des chiffres quelconques aux employés, les employés sont comparés entre eux relativement les uns aux autres. Ce qui donne une quantification plus exacte pour ces critères. Le problème de jugements exagérés ou politiques sur ces critères subjectifs, sont aussi résolubles avec des décisions de groupe qui est possible de faire avec ces modèles ou bien avec le contrôle de compatibilité effectué avant tout calcul.

Avec l'application, située dans ce travail aussi, on a vu que l'évaluation de performance peut être effectuée avec les techniques de décision à multicritères d'une manière effective et sans problème. Les deux modèles prise en considération dans cette thèse, AHP et une méthode modifiée de TOPSIS, peuvent être utilisés en alternance l'une à la place de l'autre.

Personnellement, je crois que ces méthodes auront une très grande popularité dans le secteur afin d'évaluer la performance des employés ou aussi la performance de l'entreprise et qu'ils prendront la place des moyens d'évaluation de performance classiques. Il est aussi facile pour l'utilisateur de les appliquer comme un outil de support de décision. Par exemple, le logiciel « Expert Choice » pour AHP offre plusieurs facilités à l'utilisateur afin de faire des décisions multicritères.

support de décision. Par exemple, le logiciel « Expert Choice » pour AHP offre plusieurs facilités à l'utilisateur afin de faire des décisions multicritères.

Une recherche plus profonde sur ce sujet, contenant plusieurs autres modèles que ces deux-là, comme par exemple « Elimination et Choix Traduisant la Réalité – ELECTRE », « Operational Competitiveness Rating – OCRA » etc., peut être faite.

Un autre domaine de recherche pourrait être l'application de AHP au cas où il y aurait plus que sept alternatives qui est le nombre maximum idéal proposé par Saaty lui-même [9]. Ce dernier nécessite la méthode de super matrice.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Sümer, H.C., Performans Değerlendirmesine Tarihsel Bir Bakış ve Kültürel Bir Yaklaşım.
- [2] Parkan, C., Wu, M-L., "Process Selection With Multiple Objective and Subjective Attributes", *Production Planning & Control*, Vol.9, No.2, 189-200, (1998).
- [3] Gürbüz, T., "Comparison of Two MCDM Techniques, DEA and TOPSIS, Using Inter-Company Comparison Application", *Paper for Semainar Lesson of Prof. Dr. Ertuğrul Karsak*, (2000).
- [4] Leung, L.C., Cao, D., "Theory and Methodology On the efficacy of modeling multi-attribute decision problems using AHP and Sinarchy", *European Journal of Operational Research*, 132, 39-49, (2001).
- [5] Andijani, A.A., "A Multi-criterion Approach for Kanban Allocations", *Omega*, 26(4), 483-493, (1998)
- [6] Liberatore, M.J., "A decision support system linking research and development project selection with business strategy", *Project Management Journal*, 19(5), 14-21, 1988.
- [7] <http://www.surveycave.com/rsginc/products/ahp/scale.html>
- [8] Golden, B.L., Wasil, E.A., Harker, P.T., "The Analytic Hierarchy Process" Application And Studies, Springer-Verlag Berlin, (1989).

[9] Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, New York, (1980)



Biographie

L'auteur de ce thèse est né le 19.09.1978 à Istanbul.

Il a suivi ses études d'école secondaire entre les années 1989 – 1993 et de lycée entre les années 1993 – 1996 au Lycée Français de Saint Michel.

A la fin de l'année scolaire 1995-1996, il est entrée à l'examen de l'université et il a gagné ITU Ingénierie d'Electrique et Electronique. En même temps, il est accepté à l'université de Galatasaray, Faculté d'Ingénierie et de Technologie, département de Génie Industrielle avec l'examen interne qui est ouvert pour les élèves des écoles francophones.

Il a terminé ses études universitaires à l'Université de Galatasaray à l'an 2000.

A l'année académique de 2000-2001, il a commencé directement sa maîtrise de génie Industrielle à l'université de Galatasaray.

Au cours de ses études de maîtrise, au mois de Décembre de l'année 2000, il a commence à travailler à l'Universite de Galatasaray comme assistant.

Et maintenant il est au point de terminer sa maîtrise de génie industrielle en Janvier 2003.