# تطوير أسلوب لتقييم واختيار نظم التحكم الكهربائية: دراسة حالة الشركة السعودية للكهرباء

**باسم صالح الحربي**

**بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم (الهندسة الصناعية)**

كلية الهندسة

جامعة الملك عبدالعزيز-جدة

رمضان ١٤٤١ هـ - مايو ٢٠٢٠م

# تطوير أسلوب لتقييم واختيار نظم التحكم الكهربائية: دراسة حالة الشركة السعودية للكهرباء

**باسم صالح الحربي**

**بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم (الهندسة الصناعية)**

**إشراف**
**الدكتور/ نادر السيد**

كلية الهندسة
جامعة الملك عبدالعزيز-جدة
رمضان ١٤٤١ هـ - مايو ٢٠٢٠م

# إهداء

هذا العمل يهدى  إلى والدي الذين كانوا مصدرًا للتشجيع والإلهام لي طوال حياتي. وإلى أيضًا زوجتي التي كانت مصدرًا دائمًا للدعم والتشجيع خلال تحديات دراسة الماجستير. أنا ممتن حقًا لوجودك في حياتي

# شكر وتقدير

أولاً ، أشكرك على الله عز وجل على مساعدته وبركاته وتوجيهه. ثانيًا ، أود أن أشكر مستشار الأطروحة الدكتور نادر السيد في كلية الهندسة الصناعية بجامعة الملك عبد العزيز. كان دائمًا مرحباً عندما أواجه مشكلة أو كان لدي سؤال حول بحثي أو كتابتي و قد قادني إلى الاتجاه الصحيح كلما احتجت إليه. أود أيضًا أن أشكر زملائي في شركة الكهرباء السعودية الذين ساعدوني في جمع البيانات الصحيحة لبحثي وتعاونهم معي.

# تطوير أسلوب لتقييم واختيار نظم التحكم الكهربائية:
# دراسة حالة الشركة السعودية للكهرباء


**المستخلص**

**باسم صالح الحربي**

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم ورقة علمية تحتوي على تحديد الحلول الممكنة المختلفة لاستبدال النظام الحالي والذي يعتبر الحل الأفضل في وقت اتخاذ القرار. البحث عن المواصفات الفنية التفصيلية للأنظمة قيد الدراسة لأنها الدراية لكل بائع من خلال البحث عن المواصفات الفنية التفصيلية والجودة العالية لبيانات الدمج والتكلفة وبالتالي وجدت المعايير قبولًا كبيرًا. لذلك ، كانت لمشكلة صنع القرار العديد من التقنيات الأساليب الحديثة التي ساعدت صانعي القرار على التعامل مع البائعين في مشكلة الاختيار لتحسين الأداء العام للنظام وتطبيق أحدث وأفضل الممارسات المثبتة في أفضل اختيار بديل. الدراسات تدرس سياسات مختلفة تنظر في التقييم مع الحالات التي تم تحليلها بحساسية في الأولوية مع طرق التنفيذ في العثور على النتيجة، وذلك توزيع استبيان بين الخبراء الذي يستخدمون الأنظمة المختلفة لتقييم آراؤهم وانطباعهم حول أداءها وأستخدمها وايضا أداء المورد لهذه الانظمة. وقد أوصت الدراسة على استخدام تقنيات تحديد الحلول الممكنة المختلفة لاستبدال النظام الحالي اشراك كافة العاملين في تدريبهم على استخدام هذه الأنظمة وتنفيذها للمشروعات جديدة داخل الشركة.

# تطوير أسلوب لتقييم واختيار نظم التحكم الكهربائية:
# دراسة حالة الشركة السعودية للكهرباء

**باسم صالح الحربي**

**الملخص**

مركز التحكم هو العقل المتحكم لأي نظام طاقة للقيام بمهام المراقبة والتشغيل. زيادة مراقبة التطبيقات المتقدمة والتحكم في توسيع نطاق المرحلات ونقاط البيانات والآلات الذكية على نطاق واسع ؛ يعد الحفاظ على برنامج التحكم عن بعد للحصول على البيانات الموجودة في قلب أنظمة الأتمتة الصناعية أحد أبسط الطرق وأكثرها فعالية من حيث التكلفة لمساعدة العمليات وأنظمة الأعمال ، والمنظمات الجاهزة للجيل القادم في التميز التشغيلي.

زيادة مراقبة التطبيقات المتقدمة والتحكم في توسيع نطاق مراقبة نقاط البيانات والآلات الذكية على نطاق واسع ؛ يعد الحفاظ على برنامج التحكم الإشرافي والحصول على البيانات الموجود في قلب أنظمة الأتمتة الصناعية أحد أبسط الطرق وأكثرها فعالية من حيث التكلفة لمساعدة العمليات وأنظمة الأعمال ، والأنظمة الجاهزة للجيل القادم في التميز التشغيلي.

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم طريقة علمية تحتوي على التقنيات الحديثة لتحديد الحلول الممكنة المختلفة لاستبدال النظام الحالي والذي يعتبر الحل الأفضل في وقت اتخاذ القرارمن خلال البحث عن المواصفات الفنية التفصيلية للأنظمة لكل بائع من خلال البحث عن المواصفات الفنية التفصيلية والجودة العالية لبيانات الدمج والتكلفة وغيرها.

**تحديد المشكلة تحت الدراسة**

إن صنع القرار هو أحد الأنشطة المركزية للإدارة وهو جزء كبير من أي عملية للتنفيذ يعد اتخاذ القرار الجيد مهارة أساسية لتصبح قائدًا فعالًا ولحياة مهنية ناجحة. القرار هو حكم. إنه خيار بين البدائل. نادرا ما يكون الاختيار بين الصواب والخطأ. إنه في أفضل الأحوال خيار بين "صحيح تقريبًا" و "ربما يكون خطأ."

من بين العديد من التقنيات ، تؤثر على مشكلة اختيار المصنعين ؛ ولذلك ، فإن مشكلة اتخاذ القرار لديها متعدد السمات لعدة طرق ساعدت صانعي القرار على التعامل مع موردي أنظمة الاختيار. للحفاظ على مكانة تنافسية في السوق العالمية ، يجب على المؤسسات اتباع استراتيجيات لتحقيق وقت تسليم أقصر ، وخفض التكاليف وجودة أعلى ، وبسبب هذا يجب أن تحاول مساعدة صناع القرار على تحديد الخيارات في حالة حدوث مشاكل منفصلة ، قبول كبير في العديد من مجالات عمليات صنع القرار في الاقتصاد أو الإدارة.

**أهداف البحث**

الاهداف الرئيسية لهذة الدراسة البحثية هي:

١. تحديد المواصفات الفنية الرئيسية لأنظمة مركز التحكم.
٢. تقييم أداء النظام الحالي.
٣. مراجعة متطلبات تطوير النظام وفقًا لافتراضات التكلفة الرئيسية للصيانة المتوقعة والترقيات والمصروفات التشغيلية للنظام أو أستخدامها.
٤. تقييم أنظمة إدارة برامج الطاقة (الخوادم ومحطات العمل ومعدات الشبكات والأجهزة الأمنية وأجهزة النسخ الاحتياطي للبيانات ونظام التدريب على التوزيع) لمعالجة مدة صلاحية الأجهزة الحالية.
٥. تطبيق تقنيات التقييم للتعرف على أنسب نظام وفق الخصائص التقنية والاقتصادية الرئيسية

**خطوات ألاسلوب المقترح لحل المشكلة تحت الدراسة**

سوف تعتمد المنهجية المقترحة لهذه الدراسة على استخدام هذه المعايير الرئيسية لاختيار بدائل نظام التحكم باستخدام المدخلات الاتية:

**١. البحث على أختيار التقنيات المتاحة :**

ستستند المنهجية المقترحة لتنفيذ منهجية تقنيات الاختيار في الشركة السعودية على أفضل الممارسات في إدارة التغيير بالإضافة إلى تكييف المنهجية وتنفيذها، وسوف تستخدم أساليب بحثية متكافئة وقائمة على التقييم.

**٢. تحديد معيار الاختيار وتطبيق معايير الأختيار الأخرى المختلفة :**

هناك مجموعة من المعايير المستخدمة لاختيار المصنعين ، والعديد من المعايير الهامة التي أثرت عليها هذه العوامل عند الاختيار وكل عامل يحتوي على وزن. ثم يتم ضرب وزن كل سمة في درجة الأداء المعينة. وأخيرًا ، يتم جمع هذه الأوزان لمعرفة التصنيف النهائي لكل مُصنع. عادةً ما تهدف هذه التقنية إلى استخدام القياسات الكمية.

**٣. مقارنة نتائج تقنيات الاختيار المطبقة:**

من أجل قياس كل مشكلة تؤثر على عوامل اختيار المصنعين في تقنيات الاختيار المطبقة ، تم ملء التدابير المقترحة التي أخذت نتائج المسح الذي تم تحديده استنادًا إلى نماذج الاستبيان ، والفائدة الرئيسية من هذا النهج هو أنه فعليًا اتخاذ معايير التقييم النوعي بالاخذ بعين الاعتبار.

**٤. تطبيق تقنية تحليل حساسية المتغيرات في التكاليف والعوامل الأخرى ذات الصلة:**

يحدد المنهج الأوزان من خلال تغيير الحساب الرياضي ويأخذ في الاعتبار العوامل الذاتية والموضوعية. يعتمد حكم صانعي القرار أحيانًا على المعرفة أو الخبرة وقد يؤثر ذلك على عملية اتخاذ القرار إلى حد ما.

**النتائج والاستنتاجات والتوصيات**

استنادًا إلى نتائج البحث الذي تم إجراؤه فيما يتعلق بتنفيذ طريقة التقييم النسبي المعقد وطريقة الوزن الإضافي البسيط لعملية دعم القرار التي تم تنفيذها ، استنتج أنه تم التحقيق في عملية التحديد في هذه الأطروحة في مختلف الحلول الممكنة في الوقت الحقيقي وخيارات للترقية لتحقيق فهم أفضل الحلول للقادة لاتخاذ القرارات، حيث اخرجت النتائج للوصول لأفضل بديل رقم هو أ ١ .

في ضوء نتائج البحث ، تم تقديم التوصيات التالي:

- ينصح قادة الشركة السعودية باعتماد طريقة التقييم النسبي المعقد وطريقة الوزن الإضافي البسيط الأساليب في جميع أنحاء الشركة تدريجيًا.
- يوصى بتحسين عملية التوثيق داخل الشركة.
- ينصح القادة داخل الشركة بالاهتمام بالتعليقات المتكررة لمرؤوسيهم.
- تنفيذ بعض التدريب للشركة بأكملها أمر بالغ الأهمية لضمان اعتماد أساليب طريقة التقييم النسبي المعقد وطريقة الوزن الإضافي البسيط بشكل صحيح.
- لا تزال دراسة آثار منهجيات طريقة التقييم النسبي المعقد وطريقة الوزن الإضافي البسيط منطقة غنية لأبحاث نظم المعلومات المستقبلية. في حين أن هذه الدراسة البحثية كانت بطبيعتها استكشافية في الأساس ، إلا أنها توفر العديد من الفرص الجديدة للبحث في المستقبل. تعمل هذه الدراسة كنقطة بيانات جديدة مفيدة لأستكمال البحث وتقديم دليلاً على أن المزيد من التطوير والبحث التجريبي مطلوب.
- وأخيرًا ، هناك حاجة إلى مزيد من التفصيل التجريبي والنظري للبنيات العامة لاستخدام أساليب طريقة التقييم النسبي المعقد وطريقة الوزن الإضافي البسيط. حيث الحاجة الأكثر وضوحًا في اعتماد تصميم أن يسمح للباحث بالتحقيق في تطبيق المنهجيات والممارسات في هذا المجال مع مرور الوقت.

Scientific Committee of the International Engineering Conference and Exhibition IECE, Riyadh, Saudi Arabia, March 2-5, 2020

# Developing an Approach to Evaluate and Select Electrical Control Systems: A Case Study Saudi Electricity Company

Basim Saleh Alharbi

Department of Industrial Engineering

King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

basemsaleh85@gmail.com

Dr. Nader Al Sayed

Department of Industrial Engineering

King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

mnmnader@gmail.com

ABSTRACT

A control Center is the brain of any power system to conduct both monitoring and operational tasks in electrical power.

This paper purpose to determining the different possible solution for replacement current system which the most preferable solution in decision-making time.

Looking for the detailed technical specification for the systems under study as it is the know-how of each vendor by looking for the detailed technical specification, high quality of merge data and cost in thus criteria found a great acceptance. Therefore, a Decision-Making problem had several methods techniques that helped decision-makers to deal with vendor affected in selection problem to enhance the overall performance of the system and apply the latest and most proven best practices in select best alternative. The investigations study different policies consider evaluation with sensitivity analyzed cases in priority with the implementation methods in find result.

***Keywords:*** *Decision-Making, Systems, vendor*

## 1. Introduction:

A control center is the brain of any power system to conduct both monitoring and operational tasks. The purpose of this thesis is to investigate the different possible solutions in real time and options for upgrading the to achieve an understanding of the most preferable solution which maintains cost, performance and decision-making time. The main function of a control center is to achieve a smart grid that controls different devices to monitor the different signals coming from remote power stations. The upgrade project's purpose is to enhance the overall performance of the system and to apply the latest and most proven best practices in the new layout and design.

Decision-making is one of the central activities of management and is a huge part of any process of implementation Good decision making is an essential skill to become an effective leader and for a successful career A decision is a judgment. It is a choice between alternatives. It is rarely a choice between right and wrong. It is at best a choice between "almost right" and "probably wrong".

The purpose of this research is to achieve the following:

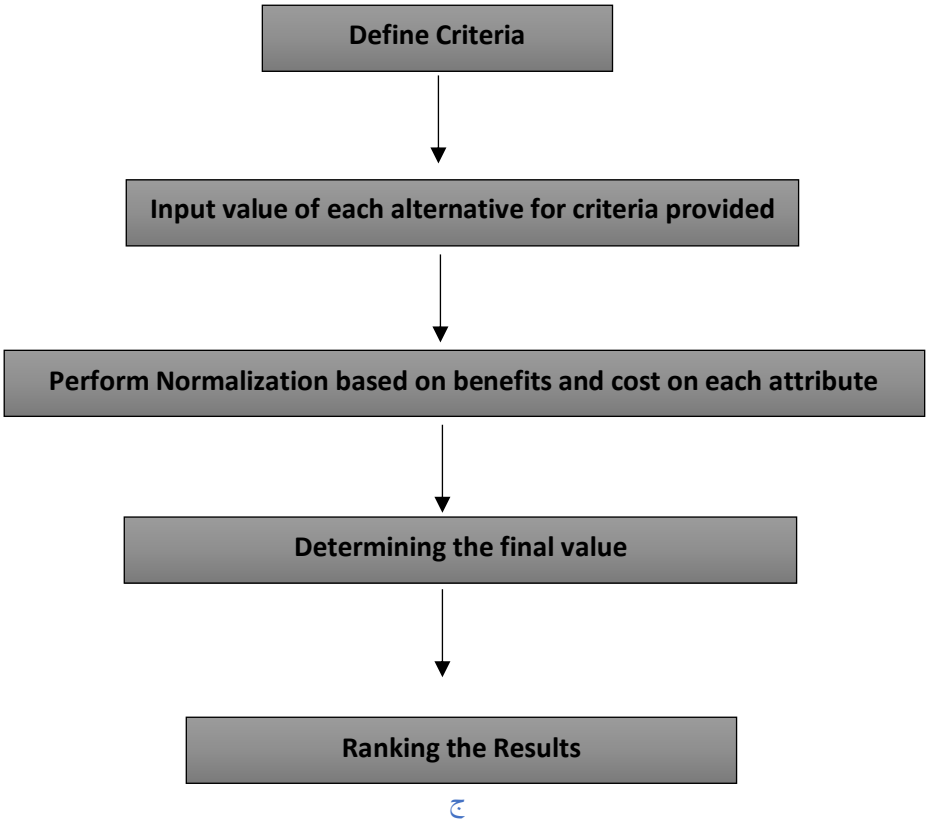
- Assessment of the current system performance.
- Review the system development requirement according to the major cost assumptions for projected maintenance, upgrades, and operational expense of the system.
- Assessment of software & hardware (servers, workstations, networking equipment, security appliances, data backup) to address the limited life of the licenses.
- Applying evaluation techniques to identify the most proper system in accordance with the main technical and economic characteristics

## 2. Methodology

One must know what the problem is before it can be solved. The basis for a candidate system is recognition of a need for improving a system or a procedure, so the system's decision cannot be separate from selecting vendor and information systems. The complexity of natural systems requires complex decision systems. The main characteristic of a decision support system is its ability to resolve issues.

Simple Additive Weighting (SAW) method is often also known as the weighted summing method. The basic concept of the SAW method is to find the weighted sum of performance ratings on each alternative and on all attributes that require the process of normalizing the decision matrix (X) to a scale comparable to all existing alternative ratings.

There are several steps that must be taken in performing SAW calculation, such as:



The researcher chooses this method because it can select the best alternative from several alternatives that exist based on the criteria specified. The research is done by finding the weight value for each attribute then done ranking which will determine the optimal alternative.

$$r_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij}}{Max\ x_{ij}} & if\ j\ are\ benefit\ attribute \\ \dfrac{x_{ij}}{Min\ \ x_{ij}} & if\ j\ is\ cost\ attribute \end{cases}$$

Information:
$r_{ij}$ = normalized performance rating value
$x_{ij}$ = attribute value owned by each criterion
Max $x_{ij}$ = the largest value of each criterion
Min $x_{ij}$ = the smallest value of each criterion
Benefit = if the greatest value is best
Cost = if the smallest value is best
Where $r_{ij}$ as the normalized performance rating of alternative Ai on attribute Cj; i = 1,2, ..., m and j = 1,2, ..., n. Preference value for each alternative ($V_i$), the function as equation below:

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} W_j\ r_{ij}$$

Information:
$V_i$ = ranking for each alternative
$W_j$ = weighted value of each criterion
$r_{ij}$ = normalized performance rating value
A larger value of $V_i$ indicates that Ai's alternatives are preferred

## 3. Results and Discussion

The implementation of Simple Additive Weighting (SAW) method in decision support system requires criteria and weighting of value as well as some alternatives to be calculated in the ranking process and assessment in decision making to determine the best alternative system.

→ There are several criteria proposed in the decision making can be seen in the following table.

Table A. Criteria

| No | Criteria | Type |
|---|---|---|
| C1 | Solution integration | Benefit |
| C2 | Cost | Cost |
| C3 | Quality Data Migration | Benefit |
| C4 | Weight Vendor | Benefit |
| C5 | Dependability a suite of energy applications | Benefit |
| C6 | Technical Training | Benefit |

Table 1. Criteria of Solution Integration

| C1 | Weight | Average |
|---|---|---|
| Ease of use | From 1 to 5 | = |
| Fulfill Business Requirements | | |
| Integration and Scalable Support for Future needs | | |
| Third party product integration | | |

Table 2. Criteria of Cost

| C1 | Weight | Average |
|---|---|---|
| Upgrade Cost | From 1 to 5 | = |
| Size of new IT Resources Required | | |
| Hardware Cost | | |
| Licensing Cost | | |

Table 3. Criteria of Quality Data Migration

| C1 | Weight | Average |
|---|---|---|
| Easy of data transfer | From 1 to 5 | = |

| | | |
|---|---|---|
| Time scale of data transfer | | |
| Size of Error in copying data | | |

Table 4. Criteria of Weight Vendor

| C1 | Weight | Average |
|---|---|---|
| Financial stability | From 1 to 5 | = |
| Size of similar projects completed in past | | |
| Size of technical experience support | | |

Table 5. Criteria of Dependability a suite of energy applications

| C1 | Weight | Average |
|---|---|---|
| SCADA application | From 1 to 5 | = |
| Power application | | |
| Generation application | | |
| Information Storage and Retrieval data system | | |

Table 6. Criteria of Technical Training

| C1 | Weight | Average |
|---|---|---|
| Financial Cost | From 1 to 5 | = |
| Amount of duration and number of courses | | |
| Greatly of technical manual documentation | | |

→ Testing date result after distributed survey to experts

Table B. Alternative Value Weight

| No | Alternative | Benefit | Cost | Benefit | Benefit | Benefit | Benefit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **C1** | **C2** | **C3** | **C4** | **C5** | **C6** |
| 1 | **A1** | 3.75 | 4.5 | 3.5 | 4.1 | 3.8 | 2.8 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | **A2** | 2.12 | 4.37 | 2.83 | 3 | 2.25 | 4 |
| 3 | **A3** | 2.12 | 4.37 | 2.83 | 4 | 2.25 | 4 |
| 4 | **A4** | 3.37 | 3.62 | 2.8 | 4 | 3.62 | 3.5 |

The above criterion is a benefit criterion in which each value in the criteria has the best value if the value is big.

→ Now will determine the value of the preference given as the decision makers decide the value will be weight as W = (3, ,1, 3, 2, 2, 3), and process calculations normalization matrix according to the formula

$$r_{ij} = \left\{ \frac{x_{ij}}{Max_i x_{ij}} \right\} \; r_{ij} = \left\{ \frac{Min_i x_{ij}}{x_{ij}} \right\}$$

→ The calculation process of the above equations:

$$r_{11} = \frac{3.7}{\max(3.7,2.1,2.1,3.3)} = 1 \qquad r_{12} = \frac{\min(4.5,4.3,4.3,3.6)}{4.5} = 0.8$$
$$r_{21} = \frac{2.1}{\max(3.7,2.1,2.1,3.3)} = 0.5 \qquad r_{22} = \frac{\min(4.5,4.3,4.3,3.6)}{4.3} = 0.8$$
$$r_{31} = \frac{2.1}{\max(3.7,2.1,2.1,3.3)} = 0.5 \qquad r_{32} = \frac{\min(4.5,4.3,4.3,3.6)}{4.3} = 0.8$$
$$r_{41} = \frac{3.3}{\max(3.7,2.1,2.1,3.3)} = 0.8 \qquad r_{42} = \frac{\min(4.5,4.3,4.3,3.6)}{3.6} = 1$$

$$r_{13} = \frac{3.5}{\max(3.5,2.8,2.8,2.8)} = 1 \qquad r_{14} = \frac{4.1}{\max(4.1,3,4,4)} = 1$$
$$r_{23} = \frac{2.8}{\max(3.5,2.8,2.8,2.8)} = 0.8 \qquad r_{24} = \frac{3}{\max(4.1,3,4,4)} = 0.7$$
$$r_{33} = \frac{2.8}{\max(3.5,2.8,2.8,2.8)} = 0.8 \qquad r_{34} = \frac{4}{\max(4.1,3,4,4)} = 0.9$$
$$r_{43} = \frac{2.8}{\max(3.5,2.8,2.8,2.8)} = 0{,}8 \qquad r_{44} = \frac{4}{\max(4.1,3,4,4)} = 1$$
$$r_{15} = \frac{3.8}{\max(3.8,2.2,2.2,3.6)} = 1 \qquad r_{16} = \frac{2.8}{\max(2.8,4,4,3.5)} = 0.7$$
$$r_{25} = \frac{2.2}{\max(3.8,2.2,2.2,3.6)} = 0.5 \qquad r_{26} = \frac{4}{\max(2.8,4,4,3.5)} = 1$$
$$r_{35} = \frac{2.2}{\max(3.8,2.2,2.2,3.6)} = 0.5 \qquad r_{36} = \frac{4}{\max(2.8,4,4,3.5)} = 1$$

$$r_{45} = \frac{3.6}{\max(3.8,2.2,2.2,3.6)} = 0.9 \qquad r_{46} = \frac{3.5}{\max(2.8,4,4,3.5)} = 0.8$$

$$R = \begin{pmatrix} 1 & .8 & 1 & 1 & 1 & .7 \\ .5 & .8 & .8 & .7 & .5 & 1 \\ .5 & .8 & .8 & .9 & .5 & 1 \\ .8 & 1 & .8 & 1 & .9 & .8 \end{pmatrix}$$

→ Process of calculating preference (V) by using the following equation:

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} w_j r_{ij}$$

1. $V_1$=(3)(1) + (1)(0.8) + (3)(1) + (2)(1) + (2)(1) + (3)(0.7)
   = 12.9
2. $V_2$=(3)(0.5) + (1)(0.8) + (3)(0.8) + (2)(0.7) + (2)(0.5) + (3)(1)
   = 10.5
3. $V_3$=(3)(0.5) + (1)(0.8) + (3)(0.8) + (2)(0.9) + (2)(0.5) + (3)(1)
   = 10.1
4. $V_4$=(3)(0.8) + (1)(1) + (3)(0.8) + (2)(1) + (2)(0.9) + (3)(0.8)
   = 12

## 4. Conclusion

The application of Simple Additive Weighting (SAW) method has decision reached by finding the
V larger value which is indicates that the alternative V1 is the best alternative.

## References


[1] I. Kaliszewski and D. Podkopaev, "Simple additive weighting - A metamodel for multiple criteria decision analysis methods," Expert Syst. Appl., vol. 54, pp. 155–161, 2016.

[2] I. Tahyudin, R. Rosyidi, A. S. Ahmar, and Haviluddin, "Comparison of the Simple Additive Weighting (SAW) with the Technique for Others Reference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) methods," Int. J. Eng. Technol., vol. 7, no. 2.2, pp. 87–89, 2018.

[3] R. Nasriyah, Z. Arham, and Q. Aini, "Profile matching and competency based human resources management approaches for employee placement decision support system

[4] A. Aljuaidi, "Decision support system analysis with the graph model on non-cooperative generic water resource conflicts," Int. J. Eng. Technol., vol. 6, no. 4, p. 145, Oct. 2017.

[5] J. Shang, P. R. Tadikamalla, L. J. Kirsch, and L. Brown, “A decision support system for managing inventory at GlaxoSmithKline,” Decis. Support Syst., vol. 46, no. 1, pp. 1–13, 2008.

[6] P. Chatterjee, V.M. Athawale, and S. Chakraborty,“Materials selection using complex proportional assessment
and evaluation of mixed data methods”, Materials and Design, vol. 32, pp. 851-860, 2011.

[7] F. Liu, F.Y. Ding, and V. Lall, “Using data envelopment analysis to compare vendors for vendor selection and performance improvement”, Supply Chain Management, An International Journal, vol. 5, pp. 143-150, 2000.

[8] R. Venkata Rao, Decision Making in the Manufacturing Environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods, Springer-Verlag London Limited, 2007.

[9] F. Liu, F.Y. Ding, and V. Lall, “Using data envelopment analysis to compare vendors for vendor selection and performance improvement”, Supply Chain Management, An International Journal, vol. 5, pp. 143-150, 2000.

[10] R. Venkata Rao, Decision Making in the Manufacturing Environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods, Springer-Verlag London Limited, 2007.
[11] D. Napitupulu et al., ―Analysis of Student Satisfaction Toward
Quality of Service Facility, ‖ J. Phys. Conf. Ser., vol. 954, no. 1, p.012019, Jan. 2018.

[12] A. H. Lubis, S. Z. Syed Idrus, and A. Sarji, ―ICT Usage Amongst Lecturers and Its Impact Towards Learning Process Quality, ‖ J. Komunikasi, Malaysian J. Commun., vol. 34, no. 1, pp. 284–299, Mar. 2018.

[13] D. Siregar et al., ―Multi-Attribute Decision Making with VIKOR Method for Any Purpose Decision, ‖ J. Phys. Conf. Ser., vol. 1019, p. 012034, Jun. 2018.

[14] R. Rahim et al., ―TOPSIS Method Application for Decision Support System in Internal Control for Selecting Best Employees, ‖ J. Phys. Conf. Ser., vol. 1028, no. 1, p. 012052, Jun. 2018.

[15] A. Indahingwati, M. Barid, N. Wajdi, D. E. Susilo, N. Kurniasih, and R. Rahim, ―Comparison Analysis of TOPSIS and Fuzzy Logic Methods On Fertilizer Selection, ‖ *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 2.3, pp. 109–114, 2018.

[16] S. H. Sahir, R. Rosmawati, and R. Rahim, ―Fuzzy model tahani as a decision support system for selection computer tablet, ‖ Int. J. Eng. Technol., vol. 7, no. 2.9, pp. 61–65, 2018.