



Journal of Turkish Operations Management

Contents

Research Articles

- AHP – Binary linear programming approach for multiple criteria real estate investment planning** 283-289
Billur Ecer, Ahmet Aktas, Mehmet Kabak
- A firefly algorithm for the alternative subgraphs assembly line balancing problem** 290-297
Ümmühan Palamut, Şener Akpınar
- Türkiye ve AB'nin enerji stratejileri ve politikaları** 298-313
Çetin Önder Incekara
- A study of sustainable facility management from a green supply chain perspective in the united arab emirates** 314-323
Steven D. Formanek
-



Journal of Turkish Operations Management

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr. Babek Erdebilli (B.D. Rouyendegh)
Department of Industrial Engineering,
AYBU, Ankara, Turkey
babek.erdebilli2015@gmail.com, berdebilli@ybu.edu.tr

Associate Editor

Asst. Prof. Dr. Abdullah Yıldızbaşı
ayildizbasi@ybu.edu.tr
Dr. İbrahim Yılmaz
iyilmaz@ybu.edu.tr

Assistant Editor

Instructor Nihan Çağlayan
nihancaglayan@gmail.com

Editorial Board

Prof. Dr. Ali Allahverdi, Kuwait University, Kuwait
Assoc. Prof. Dr. Fatih Emre Boran, Gazi University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Yusuf Tansel İç, Başkent University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Atour Taghipour, Normandy University, France
Assoc. Prof. Dr. Yucel Yılmaz Ozturkoglu, Yasar University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Gülin Feryal Can, Başkent University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Hamid Reza Navidi, Shahed University, Iran
Assoc. Prof. Dr. Elif Kılıç Delice, Atatürk University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Erdal Aydemir, Suleyman Demirel University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Farzad Sattari Ardebili, Azad Ardebil University, Iran
Asst. Prof. Dr. Zahra Sadighi Maman, Adelphi University, USA
Asst. Prof. Dr. Yavuz Selim Özdemir, THK University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Mojtaba Ghiasi, Shahrood University, Iran
Asst. Prof. Dr. Ahmet Çalık, Karatay University, Turkey
Asst. Prof. Dr. Abdullah Yıldızbaşı, AYBU, Turkey
Asst. Prof. Dr. M. Zeynep Ertem AYBU, Turkey
Asst. Prof. Dr. Gerçek Budak, AYBU, Turkey
Dr. Menekşe Salar Barım, NIOSH, USA
Dr. Beata Mrugalska, Poznan University of Technology, Poland
Dr. İbrahim Yılmaz, AYBU, Turkey
Dr. Sercan Demir, AYBU, Turkey
Dr. Saeideh Parsaei fard, University of Toronto, Canada



Journal of Turkish Operations Management

Advisory Board

Prof. Dr. Emel Kızılkaya Aydoğan, Erciyes University, Turkey
Prof. Dr. Tahir Hanalioğlu, TOBB ETÜ University, Turkey
Prof. Dr. Orhan Torkul, Sakarya University, Turkey
Prof. Dr. Turan Paksoy, Selçuk University, Turkey
Prof. Dr. Mehmet Kabak, Gazi University, Turkey
Prof. Dr. Hadi Gökçen, Gazi University, Turkey
Prof. Dr. Serpil Erol, Gazi University, Turkey
Prof. Dr. Mete Gündoğan AYBU, Turkey
Prof. Dr. Ergün Eraslan AYBU, Turkey

Privilige Owner

Prof. Dr. Mete Gündoğan
metegundogan@ybu.edu.tr

Publishing Manager

Prof. Dr. Ergün Eraslan
eraslan@ybu.edu.tr

Publisher

Ankara Yildirim Beyazıt University
Industrial Engineering Department

Technical Support

Jetmir Maloku
jetmirmaloku@gmail.com

Contact Information

Ankara Yildirim Beyazıt University, Industrial Engineering Department
15 Temmuz Şehitler Binası Ayvalı Mah. Halil Sezai Erkut Cad. 150.Sok. Etlik /Ankara
Tel : 0090 312 906 2234



Journal of Turkish Operations Management

AHP – Binary linear programming approach for multiple criteria real estate investment planning

Billur Ecer¹, Ahmet Aktas^{2*}, Mehmet Kabak³

¹Industrial Engineering Department, Ankara Yildirim Beyazit University, Turkey, becer@ybu.edu.tr, 0000-0001-9692-1450

²Industrial Engineering Department, Gazi University, Ankara, Turkey, aaktas@gazi.edu.tr, 0000-0002-4394-121X

³Industrial Engineering Department, Gazi University, Ankara, Turkey, mkabak@gazi.edu.tr, 0000-0002-8576-5349

Article info

Article History:

Received: 15.11.2019

Revised: 17.12.2019

Accepted: 20.12.2019

Keywords:

investment planning;
integer programming;
multi-criteria decision making

Abstract

Capital allocation on real estate investments must be made after careful consideration. An investor can obtain a great amount of revenue with a good investment, however, an investment can result by waste of capital, which is spent on an unprofitable asset. There are different aspects of investments related to economic, legal, location and physical factors, which should be taken into account in assessment of possible investment options. In this study, real estate investment planning problem is considered as a multi-objective knapsack problem. An integrated AHP – Binary Linear Programming model is proposed to determine the best investment plan considering different criteria simultaneously. Within the proposed model, multi-criteria evaluation of investment alternatives is done by using Analytical Hierarchy Process and obtained criteria weights values are written as the objective function coefficient in the knapsack model. A real estate investment planning application, which contains 10 alternatives in Ankara, is presented to test the applicability of the proposed decision model. Obtained results are compared with the results obtained by only considering financial aspects of investment.

1 Introduction

Investors try to make a profit by spending their capital on alternatives. While some investors are getting returns by putting their money on investment instruments such as foreign currency or gold, some investors are trying to get returns from real estate assets.

Decisions related to real estate investments are generally based on the property's ability to generate financial benefits (Markhvidaa and Bakera 2018). Because of the high investment costs, real estate investments are long – term investments. Therefore, selection among real estate investment alternatives is extremely important and utilization of analytic techniques should be used before making decisions related to development, purchase, upgrade and redevelopment of real estate.

One of the analytic techniques can be used for real estate investment planning is mathematical programming. Mathematical programming models has a wide range of investment planning applications (Mulvey and Vladimirou 1989). By using these models, investors can evaluate the economic benefits that can be achieved with efficient planning and the decision-making process becomes more systematic.

In this study, real estate investment planning is considered as a linear programming problem. If the problem is analyzed from the perspective of an investor, the best combination of investment alternatives with the highest utility values must be determined subject to budget limitation. To do so, the decision problem is modeled as a knapsack model, in which selection of the alternatives is made by considering their resource consumption and possible returns to the decision maker. Real estate investments have to be considered simultaneously on several aspects related to financial, social and spatial attributes of the alternatives. A pre-evaluation is made by weighted sum of some important factors for each investment alternative in order to ensure the simultaneously consideration requirement. To calculate weights for the pre-evaluation process, Analytic Hierarchy Process is used. The evaluation values of alternatives are taken into account as the objective function coefficients in knapsack model and solution of the model provides the suggested combination

of alternatives. A comparison of suggested alternatives after multi-criteria evaluation of alternatives and by considering only of the financial aspect of each alternative is also presented.

The knapsack model (Lorie and Savage 1955) is widely used by researchers in selection problems. Since real estate investments require high amount of capital and it is expected to obtain the greatest return, it is possible to say utilization of Knapsack model for investment plans would be sensible. Some variations of Knapsack model in the literature can be confronted as bin packing problem, cutting stock problem, etc. Some applications of Knapsack problem are automotive sector project selection (de Souza et al. 2012) and mobbing prevention (Bas 2011). Some other examples of Knapsack problem are given in Table 1, as follows:

Table 1 Examples of Knapsack Problem

Author	Year	Application	Significance
Yavuz and Captain	2002	Project selection	Multi period model
Alanne	2004	Renovation action selection	Application area
Klamler et al.	2009	Committee selection	Application area
Marinoni et al.	2010	Natural resource management project selection	Multi criteria analysis combination
Chang and Lee	2012	Project selection	DEA combination and Artificial bee colony algorithm solution
Bakirli et al.	2014	Defense project selection	Multi objective multiple knapsack problem
Ic et al.	2017	Order selection in bakery	Fuzzy TOPSIS - Knapsack
Husbands et al.	2017	Transmit Antenna Selection	Application area

As it seen from the literature summary, in some studies the decision problem is considered with evaluating multiple criteria and multi-objective solution methods and/or multi-criteria decision making techniques are utilized to obtain the solution. No studies related to real estate planning decisions is confronted. In this study, real estate investment alternatives are evaluated under multiple criteria consideration. Evaluation criteria are prioritized by using Analytic Hierarchy Process (AHP), which is a commonly used multi-criteria decision making technique. Results of AHP is used in the Knapsack model as objective coefficients and choice between alternatives is made under budget constraint.

The rest of the paper organized as follows: in the second part, explanation of the proposed decision making methodology is given. Next, an application of the proposed approach is demonstrated for real estate investment planning in Ankara in the third part. Results of the application is compared with the results by considering only the financial aspect investment. This analysis is given in the fourth part. Finally, the paper is concluded in the fifth part by summarizing the results and presenting suggestions for extension.

2 Definition of the proposed decision model

In this study, multiple criteria real estate investment planning is considered. An investor has a certain budget and he/she has to determine which properties can return the highest profit. Before making this kind of decisions about real estate assets, he/she may face more than one aspect to consider. Real estate investments can be considered as one of such investments. As it is presented in Figure 1, selection decision of an investor, who has to consider a number of criteria simultaneously, is modeled in this study by using AHP integrated Knapsack model. Criteria weights are determined via AHP and alternative investment scores in views of each criterion are aggregated as alternative score by calculating weighted sums. Obtained results of this analysis are written as the objective function coefficient in the Knapsack model (O'Leary 1995). Properties to invest money subject to budget constraint are determined by solving mathematical model. The proposed decision making approach allows considering more than one criteria for an aggregated investment planning.

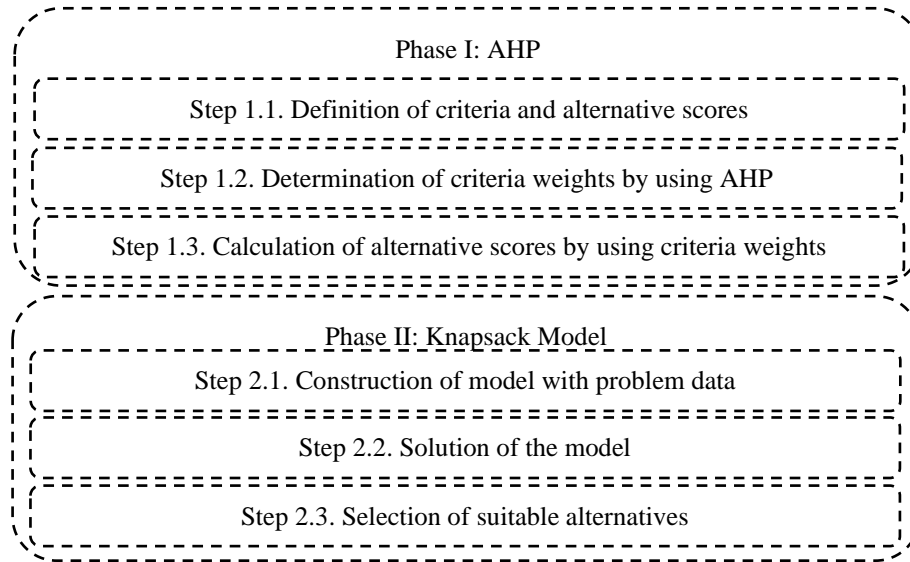


Figure 1 General scheme for the proposed approach

Phase 1. AHP

Analytic Hierarchy Process is a very commonly used multi-criteria decision making method and is introduced by Thomas L. Saaty (Saaty 1980). To solve complex decision problems with AHP, a hierarchical structure of decision problem from goal to the alternatives is firstly formed. Then, pairwise comparisons of both tangible and intangible decision elements at the same hierarchical level are made, by this way the solution of the problem is obtained. It is an easy and flexible method to apply in different applications and applications of AHP is confronted in different applications in a wide range such as environmental sciences, industrial decisions, healthcare systems, etc. Reader may refer to Dağdeviren et al. (2009) and Rouyendegh and Erkan (2012) for detailed explanation of AHP.

In this study, AHP is used for calculation of criteria weights. Importance degree of criteria are must be determined. Because different aspects of investments will not effect selection decision at the same degree and different aspects of investment alternatives must be integrated as a single value by using these weights.

Phase 2. Knapsack Model

Knapsack problem is one of the most known problems in operations research concept. The aim of the problem is to find a subset of items that yields maximum benefit without exceeding the capacity restrictions. This model is used in different applications with various names such as container loading problem, capital budgeting problem, project selection, etc.

Explanation of used notations and mathematical formulation of Knapsack model is given as follows:

Sets:

i : set of items ($i=1,2,\dots,N$)

Parameters:

c_i : unit benefit of item i

a_i : weight of item i

B : capacity limit of knapsack

Decision Variable:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{if item } i \text{ placed into the knapsack} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Model Formulation:

Objective Function:

$$\max \sum_{i=1}^N c_i x_i$$

Constraints:

$$a_i x_i \leq B$$

$$x_i \in \{0, 1\}$$

Solution of the model shows appropriate alternatives subject to capacity limit. Corresponding items to decision variables with 1 value should be placed in the knapsack and with 0 value should not be placed.

3 An application of real estate investment planning in Ankara

To demonstrate the applicability of proposed method, a set of 10 alternatives, which consists real estate assets in various districts of Ankara such as apartment houses, detached house, residence, the land available for construction and the field in the expansion areas of the city, is formed. Application steps are provided as follows:

Step 1.1: A set of 10 real estate alternatives are determined according to the decision maker's preferences. Score of each alternative in views of taxation, access to municipal services, distance to central zone, potential for appreciation and socio-cultural development level of location criteria are collected and presented in Table 2. Alternative scores are collected by asking opinion of a real estate office manager in Ankara, who has 30 years of experience in that job. Hierarchical structure of alternative evaluation is presented in Figure 2.

Table 2 Alternative scores

	C1	C2	C3	C4	C5	Investment Cost
A1	300	52	60	40	30	30
A2	600	72	50	25	60	175
A3	100	25	10	80	15	65
A4	250	20	30	50	10	82
A5	450	45	70	120	20	150
A6	1000	88	90	10	95	350
A7	900	65	60	30	85	400
A8	550	75	75	60	40	250
A9	500	47	60	70	45	65
A10	750	80	80	45	55	190

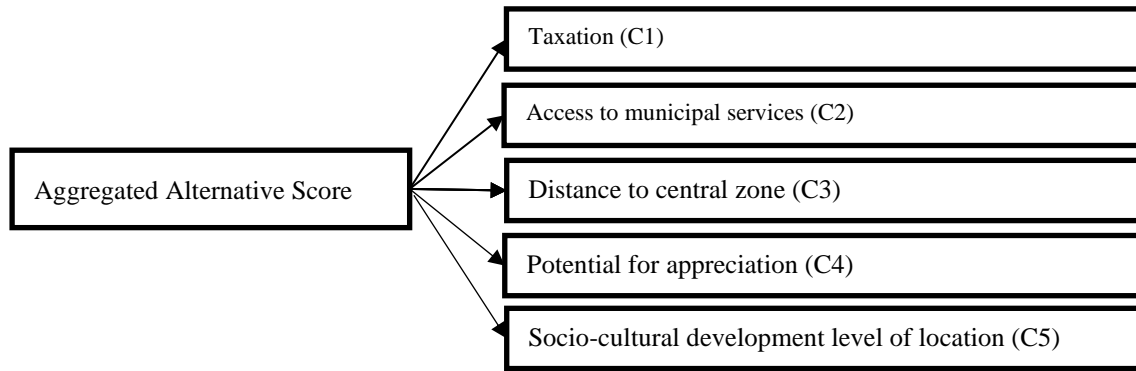


Figure 2 Hierarchical structure of alternative evaluation

Step 1.2: Criteria values in Table 2 must be aggregated since we need single objective coefficient value for each alternative. To do so, we again asked opinion of the real estate office manager for criteria evaluation.

Assessments made by the real estate office manager on problem criteria are collected to form a pairwise comparison matrix. According to the pairwise comparison matrix, weights of criteria are calculated by using Eigenvector method and calculations are made on Microsoft Excel software. Additionally, consistency ratio of pairwise comparison matrix is also calculated. Pairwise comparison matrix is presented in Table 3 with criteria weights and consistency ratio, as follows:

Table 3 Pairwise comparison matrix for criteria with respect to alternative score

	C1	C2	C3	C4	C5	Criteria Weight
C1	1	1/3	1/5	1/9	1/3	0.042
C2	3	1	1	1/5	1	0.122
C3	5	1	1	1/5	3	0.180
C4	9	5	5	1	5	0.552
C5	3	1	1/3	1/5	1	0.104
Consistency Ratio						0.043

It is seen from Table 3 that the consistency ratio is less than 0.1, so the pairwise comparisons are consistent. Moreover, the most important criterion on alternative evaluation is potential for appreciation (C4). Distance to central zone (C3) and access to municipal services (C2) follows potential for appreciation. The order of other criteria goes as socio-cultural development level of region (C5) and taxation (C1). It can be summarized from these results that financial return possibility is the most important factor for real estate investments, on the counter taxation, which is the regular expense of properties, is the least important factor.

Step 1.3: Weighted sum method is used to aggregate alternative scores. To do so, obtained weight values in Step 1.2. are used. An example of aggregated score calculation is presented as follows:

$$\begin{aligned}
 A_4 &= 0.042 * 250 + 0.122 * 20 + 0.180 * 30 + 0.552 * 50 + 0.104 * 10 \\
 &= 10.5 + 2.44 + 5.4 + 27.6 + 1.04 = 46.98
 \end{aligned}$$

Aggregated scores of all alternatives are presented in Table 4 as follows:

Table 4 Aggregated alternative scores

Alternative	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Total Score	54.944	63.024	54.77	46.98	105.31	84.336	81.93	83.03	80.854	86.22

Step 2.1: Aggregated alternative scores in Table 4 are written as objective function coefficients and investment costs of alternatives in Table 2 are written as constraint coefficients. Budget limit of the investor is assumed to be 1000. According to these data, Knapsack model of the problem is constructed.

Step 2.2: Solution of the Knapsack model is obtained by using LINDO software. Solution results are presented as follows:

Objective Value : 528.1520

Decision Variable Values : $X_1=X_2= X_3= X_5= X_8=X_9= X_{10}=1$ and $X_4=X_6=X_7=0$

Step 2.3: According to the solution results of the model, investment alternatives A1, A2, A3, A5, A8, A9 and A10 are suggested to invest. On the other hand, investor is suggested to avoid investing on A4, A6 and A7 based on the costs and aggregated scores of alternatives.

Solution results indicate that under the budget limit, total benefit of selected alternatives is maximized as 528.1520. To achieve this benefit level, selected alternatives are determined as A1, A2, A3, A5, A8, A9 and A10. As we see in Table 2, A6 is the best alternative in views of C2, C3 and C5. Moreover, it has the third best aggregated alternative score value. But its investment cost is very high and it is not selected. That shows a multiple criteria consideration is meaningful instead of single criterion.

4 Comparison of results of the proposed model with only financial evaluation

In this part of the study, an analysis of single criterion consideration and multiple criteria consideration is compared. For single criterion consideration potential of appreciation (C4) which is the most important criterion is taken into consideration. Aim of the analysis is the comparison of selection by considering only potential of appreciation (C4) with by considering all five criteria.

In the single criterion analysis, alternative values based on C4 in Table 2 are considered as objective function coefficients in the model. Under budget limitation consideration solution results are obtained by LINDO. Obtained results by using LINDO software are given as follows:

Objective Value : 465

Decision Variable Values : $X_1= X_3= X_4= X_5= X_8=X_9= X_{10}=1$ and $X_2=X_6=X_7=0$

This results show that selected alternatives for financial evaluation is A1, A3, A4, A5, A8, A9 and A10 with a financial return value of 465. The alternatives, which have the worst three values of C4 are not selected in this evaluation. Selected alternatives in single criterion evaluation and multiple criteria evaluation is given in Table 5 as follows:

Table 5 Selected alternatives in two cases

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Multiple criteria evaluation	+	+	+		+			+	+	+
Single criterion evaluation	+		+	+	+			+	+	+

The difference between two cases is the selection of A2 in multiple criteria evaluation, whereas A4 is selected in single criterion evaluation. A4 has a good potential for appreciation and when we only consider C4, selection of A4 is sensible. A2 is much better than A4 in views of the other four criteria and it makes A2's aggregated score higher than A4. For this reason, A2 is selected in multiple criteria evaluation.

This comparison indicates possible occurrence of changes in selected alternatives between evaluation with single criterion and multiple criteria. Decision criteria and weight of these criteria can also cause changes in this results. It can be said according to the results that investors have to consider carefully about selection criteria and importance degree of these criteria in real estate investments. Because of the high investment costs, they must avoid making a wrong decision.

5 Conclusion

Real estate investments can be considered as strategic level decisions. Effects of these decisions last for a long time and they require an important amount of capital. A wrong decision would waste resources and such consequence is

not desired by investors. For this reason, these kind of decisions need analytical evaluations before choosing. Due to the requirement of truly management of capital, the effects of decision should be analyzed by considering all possible factors simultaneously.

This study proposes an integrated investment planning model combining multi-criteria decision-making with Knapsack model in order to support selection decisions among real estate investment alternatives. The applicability of the decision model is tested with an application of selection among 10 real estate investment alternatives in Ankara. Comparison of results with only financial aspect of decision shows that multiple criteria consideration of investment alternatives seems sensible.

This study can be extended in the future by considering different criteria and/or sub-criteria. Interdependency among criteria may be considered and for this case decision models can be constructed by combining Analytic Network Process instead of Analytic Hierarchy Process. In applications with much more number of criteria and sub-criteria, hybrid multi-criteria approaches to evaluate alternatives can be considered in the model. In such applications with a complex structure, multi-criteria decision making methods such as TOPSIS, VIKOR, or MOORA can make it easier to evaluate the alternatives.

References

- Alanne K (2004) Selection of renovation actions using multi-criteria "knapsack" model, *Automation in Construction* 13 (3): 377-391
- Bakirli B, Gencer C, Aydoğan E (2014) A combined approach for fuzzy multi-objective multiple knapsack problems for defence project selection, *Journal of the Operational Research Society* 65(7): 1001-1016
- Bas E (2011) A capital budgeting problem for preventing workplace mobbing by using analytic hierarchy process and fuzzy 0-1 bidimensional knapsack model, *Expert Systems with Applications* 38(10): 12415-12422
- Chang PT, Lee JH (2012) A fuzzy DEA and knapsack formulation integrated model for project selection, *Computers and Operations Research* 39 (1): 112-125
- Dağdeviren M, Yavuz S, Kılınç N (2009) Weapon Selection Using the AHP and TOPSIS Methods Under Fuzzy Environment, *Expert Systems with Applications* 36 (4): 8143-8151
- de Souza JS, Neto JK, Filomena TP, Anzanello M (2012) A Non-Traditional Capital Investment Criteria-Based Method To Optimize A Portfolio Of Investments, *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice* 19(4):193-203
- Husbands R, Ahmed Q, Wang J (2017) Transmit antenna selection for massive MIMO: A knapsack problem formulation, *IEEE International Conference on Communications (ICC), Paris* 1-6
- Ic YT, Özel M, Kara I (2017) An Integrated Fuzzy TOPSIS-Knapsack Problem Model for Order Selection in a Bakery, *Arabian Journal of Science and Engineering* 47: 5321-5337
- Klamler C, Pferschy U, Ruzika S (2009) Committee Selection with a Weight Constraint Based on Lexicographic Rankings of Individuals, In: Rossi F., Tsoukias A. (eds) *Algorithmic Decision Theory, ADT 2009, Lecture Notes in Computer Science*, 5783, Springer, Berlin, Heidelberg
- Lorie JH, Savage LJ (1955) Three Problems in Rationing Capital, *The Journal of Business* 28: 229-239
- Marinoni O, Higgins A, Hajkowicz S (2010) A multi criteria knapsack solution to optimise natural resource management project selection, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 634: 47-55
- Markhvida M, Baker JW (2018) Unification of seismic performance estimation and real estate investment analysis to model post-earthquake building repair decisions, *Earthquake Spectra* 34(4): 1787-1808
- Mulvey JM, Vladimirou H (1989) Stochastic Network Optimization Models for Investment Planning, *Annals of Operations Research* 20:187-217
- O'Leary DE (1995) Financial planning with 0-1 knapsack problems part 1: Domination results. *Advances in Mathematical Programming and Financial Planning* 4(1): 139-150
- Rouyendegh BD, Erkan TE (2012) Selection the best supplier using AHP method, *African Journal of Business Management* 6(4): 1454-1462
- Saaty TL (1980) *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York
- Yavuz S, Captain TA (2002) Making project selection decisions: a multi-period capital budgeting problem. *International Journal of Industrial Engineering* 9(3): 301-310



Journal of Turkish Operations Management

A firefly algorithm for the alternative subgraphs assembly line balancing problem

Ümmühan Palamut¹ Şener Akpınar²

¹ Department of Industrial Engineering, Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey, ummuhanpalamut@hotmail.com, 0000-0002-8699-9462

² Department of Industrial Engineering, Dokuz Eylül University, İzmir, sener.akpinar@deu.edu.tr, 0000-0001-8115-7330

Article info

Article History:

Received: 02.10.2019

Revised: 05.12.2019

Accepted: 12.12.2019

Keywords:

Assembly alternatives,
Assembly line balancing,
Metaheuristic, Firefly algorithm

Abstract

In the developing industrial world, assembly lines play an important role in the production of larger quantities of products and efficient use of scarce resources. Assembly line consist an equipment system for flow of workpieces in mass-production operations. Today, the production of many products, especially multi-part products, is carried out with the help of these assembly line systems. But we encounter with real life problems of the manufacturing products in these complex systems. Assembly line balancing problems are one of them. Assembly line balancing problems (ALBP) simply assign a set of tasks to a group of the workstations by considering precedence relations between the assembly tasks. Precedence relations are represented by a predetermined graph. But the assembly process may have subgraphs of alternative priorities. This has led to the emergence of the Alternative Subgraph Assembly Line Balancing Problems (ASALBP). Such problems are caused by changing the processing times of the jobs depending on the order of operations with different mounting alternatives. This study will focus on proposed the new metaheuristic firefly for the solution the Alternative Subgraph Assembly Line Balancing Problem

1 Introduction

Assembly lines are flow-line production systems which are of a combination of workstations with a material handling system. The assembly line balancing problem is one of the main topics in the literature on optimization of the assembly lines. In this context, assembly line balancing problem (ALBP) is known as the decision problem of optimally balancing the assembly work among the workstations with respect to some objectives (Scholl, 1999).

There are many studies on assembly line balancing problems in the literature, Salvesson (1955) developed first mathematical formalization of the assembly line balancing (ALB) problem.

On the other hand, an early one of the best known classification was prepared by Baybars (1986) on assembly line balancing problems. In this study, assembly line balancing problems are divided into two groups: the Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) and the General Assembly Line Balancing Problem (GALBP). The simple case (SALBP) that is an assembly line where only one standard product is produced on a serial assembly line. The problems with greater complexity and constraints are considered to be GALBP.

In ALBP studies, priority relations are simpler, while in real life problems priority relations have a more complex structure. Therefore, it is considered that ALBP should be discussed in more detail and a new GALBP named ASALBP (Alternative Subgraph Assembly Line Balancing Problem) was developed by Capacho and Pastor. This problem is mostly related to the assembly line balancing problem faced by suppliers with a large product range and product number, which enables them to offer more options to their customers in direct proportion to increasing customer needs. The distinctive aspect of the alternative sub-graph assembly line balancing problem is that it has alternative sub-graph priority relationships, not definite priority relationships. In the alternative subgraph assembly line balancing problem, mounting alternatives for different parts of an assembly or manufacturing process are considered. Each process is represented by a sub-graph that specifies the tasks and task priority relationships required to process a particular product. With the increase in the number of alternatives and the expansion of the solution space, the problem is evaluated in the NP-hard problem class.

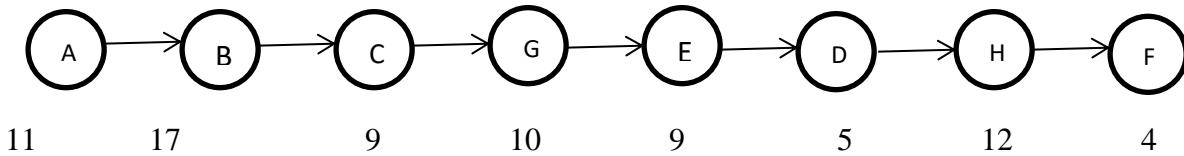
The problem has two basic different solution methods. The first one is the exact solution methods and the other one is approximate solution methods. Capochio and Pastor (2005) presented the integer linear mathematical model to solve of the problem. Capochio and Pastor, Dolgui and Guschinskaya (2006) studied to solve the alternative subgraph assembly line balancing problems by way of heuristic methods. Capacho and Pastor (2014) were used to solve the Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problem (ASALBP) with metaheuristic approach (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) GRASP in this article. The firefly algorithm is a new metaheuristic algorithm recently developed by Yang. Firstly, although it is suitable for the solution of continuous problems, it has been applied within the discrete problems in the literature and good results have been obtained.

Sayadia *et al.* presented a discrete firefly algorithm to minimize cycle time for flow shop scheduling problems. Marichelvam *et al.* presented a discrete firefly algorithm for the multi-objective hybrid flow shop scheduling problems. A discrete firefly algorithm was proposed by Jati and Suyanto to solve the travelling salesman problem. Osaba *et al.* proposed a discrete firefly algorithm to solve a rich vehicle routing problem modelling a newspaper distribution system with recycling policy. When the literature is examined, it is suggested that the big problems will be solved by metaheuristic methods. In this study, we aimed to minimize the number of machines in ASALBP by using firefly algorithm. The rest of the work will continue as follows: Section 2 ASALBP definition is explained in detail. Section 3 Firefly algorithm and its application were given to the ASALBP. Section 4 presents computational experiments. Section 5 provides computational conclusions and analysis. Section 6 explains of conclusion.

2 Alternative subgraph assembly line balancing problem’s description

The alternative sub-graph assembly line balancing problem is that the product has different installation alternatives during the assembly process. The alternative sub-graph assembly line balancing problem consists of two sub-problems. The first is the decision problem and one of the installation alternatives needs to be selected. The second is the line balancing problem and it is intended to assign tasks to the workstation in a minimum number. The problem may come from multiple assembly sections and these assembly sections may have different sub-graphics. Task priorities may change in sub-graphs, and this change may result in different task times. All these changes cause a change in the objective function. One small problem for example,

Alternative 1



Alternative 2

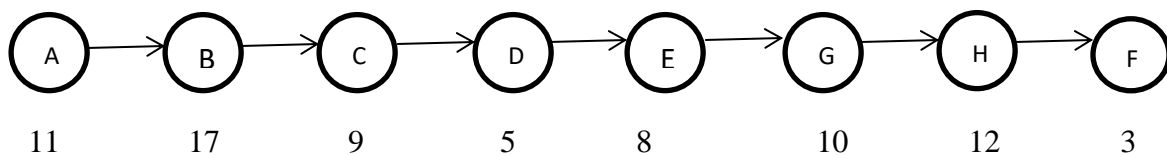


Figure 1 Two assembly alternatives

As in Figure 1, the task sequences and times for each subassembly may change, which may cause the number of stations to change in the objective function.

3 Firefly algorithm

The firefly algorithm is a nature-inspired algorithm, based on the principle that fireflies produce light with special structures in their bodies in order to catch their prey or draw their pairs. First of all, it is suggested for continuous problems, but it is tried to be adapted to discrete problems due to its success in problem solving. The creation of the firefly algorithm is based on the following three main ideas: 1) All fireflies are of the same sex, in which case all individuals are affected in the same way.2) It is the intensity of light they emit that makes them influenced by each other.

Whichever emits more light and closer to the distance in the range, the other moves towards it. Fireflies move randomly if they have equal light intensity.3) the objective function is proportional to brightness. In the firefly algorithm there are three steps:

Attractiveness: $\beta(r) = \beta_0 e^{-\gamma r^m}$, ($m \geq 1$)

r is the distance between two fireflies, β_0 is the attractiveness at $r=0$ and γ is a fixed light absorption coefficient.

Distance: $r_{ij} = \|X_i - X_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^d (X_{ik} - X_{jk})^2}$

The distance between any two fireflies i and j at X_i and X_j expressed by the Cartesian distance, k is parameter of firefly, d is parameter number.

Movement: $X_i = X_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (X_j - X_i) + \alpha (\text{rand} - \frac{1}{2})$

i . firefly is affected by the brighter j firefly and j moves towards the firefly. γ , α , rand ; These are the parameters used for continuous problems, taken within a certain value range.

4 Implementation of Firefly Algorithm to ASALBP

The swarm-based firefly algorithm developed by Xin -She Yang (2008) was examined in previous discrete studies and adapted for ASALBP. 1) Randomly Subgraph Selection: An alternative subgraph was selected for each subassembly and tasks were chosen to form the solution.

2) Initial population: A starting solution population was created by paying attention to the constraints by the rank positional weight method.

3) Distance: Then the distance step of the firefly algorithm was applied on the initial solutions. The objective function of each solution has been compared with each other and the solution function has been tried to improve (the minimization of the number of stations is aimed in our problem). The number of different tasks in each solution as the distance is found by the Hamming distance formula.

4) Movement: A random number between 2 and distance (r_{ij}) is selected and a neighbor search algorithm (swap) is applied to the poor solution to obtain a new solution under constraints.

$n = \text{Random}(2, r_{ij})$, the sequence of tasks that can be changed for each solution, paying attention to constraints.

$X_i = \text{Movement Function}(X_i, n)$, every i . a new solution for firefly with tasks modified in accordance with constraints. So, each firefly moves n times and each firefly will have n new solutions. After all candidate fireflies move and come up population size $\times n$ new solutions, later n of the best fireflies will be selected for the new population. Then, best fireflies will be chosen basis of the objective function for the next iteration. This algorithm continues until the number of iterations is reached.

5 Computational experiments

The proposed algorithm was run to see the results of the computational experiments. A firefly algorithm for the alternative subgraph assembly line balancing problem was coded in MATLAB R2013 and run on a PC with Intel Core i3 2.27 GHz CPU, 4GB RAM, running Windows 7.

Test instances

For the experiments, the data sets were used of Capacho and Pastor (2006) available at web site www.assemblylinebalancing.de. The data included 90 medium-sized problems and 45 large-scale problems. The data consisted of different sub-graphs, tasks and work completion times. The data structure is detailed in the related table.

Table 1 Data sets

Problem	Cycle times					Number of subgraphs		
						5	8	11
						Number of tasks		
Gunther	41	49	49	61	81	37	37	37
Hahn	2004	2338	2806	3504	4676	56	56	63
Warnecke	54	62	74	92	111	63	63	67
Tonge	160	176	207	251	320	73	75	75
Lutz3	75	83	97	118	150	93	98	101
Kilbrid	51	79	92	138	184	45	46	48
Arc2	5785	6540	7916	9400	11570	115	121	125
Bartholdi	403	470	564	705	805	151	157	160
Scholl	75	83	97	118	150	299	302	305

5 Computational results and analysis

The results for the large and small problems are shown in tables 2 and 3. The results are calculated on the basis of which percentage of the best run problems are encountered. In Table 2, 39 optimal results were achieved in 90 problems for medium-scale problems, while 17 of 45 problems in Table 3 yielded optimal results. As a percentage, the best results were achieved in 43% of the medium-scale problems and the best results in 37% of the large-scale problems. In terms of solution time, the medium-scale problems can be solved in not too long periods, whereas in the large-scale problems, three big problems have not been achieved. Although the results provide better time results than previously developed integer programming, it is seen that the firefly algorithm should be developed in comparison with the heuristic studies made by Capacho et al (2006). However, in the study conducted with heuristic methods, 10 different heuristic methods were tried to obtain the results. The aim of this study is to achieve better results with a single meta-heuristic algorithm.

Table 2 Medium Scale Problem’s Results Obtained by the Firefly Algorithm

Problem	n	Time	Sub assembly number	Subgraph number	Firefly solution	Optimal	Solving Time (seconds)
Gunther	37	41	1	5	14	14	2
	37	44	1	5	14	12	2
	37	49	1	5	11	11	2
	37	61	1	5	9	9	2
	37	81	1	5	7	7	2
	37	41	2	8	14	14	8
	37	44	2	8	16	12	8
	37	49	2	8	13	11	9
	37	61	2	8	10	9	9
	37	81	2	8	8	7	9
	37	41	3	11	17	14	32
	37	44	3	11	16	12	31
	37	49	3	11	14	11	31

	37	61	3	11	11	9	31
	37	81	3	11	8	7	30
Hahn	56	2004	1	5	8	8	17
	56	2338	1	5	7	7	16
	56	2806	1	5	6	6	16
	56	3507	1	5	5	5	19
	56	4676	1	5	4	4	17
	56	2004	2	8	8	8	50
	56	2338	2	8	7	7	51
	56	2806	2	8	6	6	53
	56	3507	2	8	5	5	53
	56	4676	2	8	4	4	51
	63	2004	3	11	8	8	296
	63	2338	3	11	7	7	297
	63	2806	3	11	6	6	306
	63	3507	3	11	5	5	291
	63	4676	3	11	4	4	298
Warnecke	63	54	1	5	33	31	18
	63	62	1	5	29	27	17
	63	74	1	5	23	22	18
	63	92	1	5	18	17	18
	63	111	1	5	15	14	18
	63	54	2	8	33	31	71
	63	62	2	8	29	27	66
	63	74	2	8	23	22	65
	63	92	2	8	18	17	65
	63	111	2	8	15	14	65
	67	54	3	11	33	31	233
	67	62	3	11	29	27	249
	67	74	3	11	23	22	227
	67	92	3	11	18	17	234
	67	111	3	11	15	14	241
Tonge	73	160	1	5	23	23	27
	73	176	1	5	22	21	27
	73	207	1	5	18	18	28
	73	251	1	5	15	14	28
	73	320	1	5	12	11	29
	75	160	2	8	23	23	88
	75	176	2	8	22	21	86
	75	207	2	8	18	18	88
	75	251	2	8	15	14	89
	75	320	2	8	12	11	88

	75	160	3	11	23	23	402
	75	176	3	11	22	21	408
	75	207	3	11	18	18	410
	75	251	3	11	15	14	408
	75	320	3	11	12	11	416
lutz3	93	75	1	5	24	23	89
	93	83	1	5	21	21	90
	93	97	1	5	19	18	90
	93	118	1	5	15	14	91
	93	150	1	5	12	12	89
	98	75	2	8	24	23	402
	98	83	2	8	21	21	410
	98	97	2	8	19	18	406
	98	118	2	8	15	14	406
	98	150	2	8	12	12	407
	101	75	3	11	24	23	1432
	101	83	3	11	21	21	261
	101	97	3	11	19	18	1465
	101	118	3	11	15	14	340
	101	150	3	11	12	12	329
Kilbrid	45	57	1	5	10	10	17
	45	79	1	5	8	7	7
	45	92	1	5	7	6	7
	45	138	1	5	5	4	7
	45	184	1	5	4	3	7
	46	57	2	8	10	10	22
	46	79	2	8	10	7	23
	46	92	2	8	8	6	23
	46	138	2	8	4	4	22
	46	184	2	8	3	3	22
	48	57	3	11	10	10	83
	48	79	3	11	8	7	82
	48	92	3	11	7	6	83
	48	138	3	11	4	4	81
	48	184	3	11	3	3	82

Table 3 Big Scale Problem’s Results Obtained by the Firefly Algorithm

Problem	n	Time	Sub assembly number	Sub graph number	Firefly Solution	Optimal	Solving Time
ARC2	115	5785	1	5	27	27	89

	115	6540	1	5	24	24	92
	115	7916	1	5	20	20	87
	115	9400	1	5	17	17	87
	115	11570	1	5	14	13	88
	121	5785	2	8	27	27	412
	121	6540	2	8	24	24	410
	121	7916	2	8	20	20	405
	121	9400	2	8	17	17	424
	121	11570	2	8	14	13	407
	125	5785	3	11	27	27	311
	125	6540	3	11	24	24	315
	125	7916	3	11	20	20	314
	125	9400	3	11	17	17	314
	125	11570	3	11	14	13	311
Bartholdi	151	403	1	5	15	14	73
	151	470	1	5	13	12	70
	151	564	1	5	11	10	75
	151	705	1	5	9	8	75
	151	805	1	5	8	7	75
	157	403	2	8	15	14	321
	157	470	2	8	13	12	320
	157	564	2	8	11	10	321
	157	705	2	8	8	8	334
	157	805	2	8	8	7	326
	160	403	3	11	15	14	1061
	160	470	3	11	12	12	1020
	160	564	3	11	11	10	1028
	160	705	3	11	8	8	1020
	160	805	3	11	8	7	1065
Scholl	299	1394	1	5	52	51	326
	299	1584	1	5	45	44	721
	299	1699	1	5	42	42	663
	299	2049	1	5	35	34	785
	299	2787	1	5	26	25	682
	302	1394	2	8	52	51	602
	302	1584	2	8	45	44	597
	302	1699	2	8	42	42	590
	302	2049	2	8	35	34	605
	302	2787	2	8	26	25	600
	305	1394	3	11	52	51	681
	305	1584	3	11	45	44	672
	305	1699	3	11	-	42	-
	305	2049	3	11	-	34	-

305 2787 3 11 - 25 -

6 Conclusion

In this study, the metaheuristic approach Firefly algorithm was used to solve the Alternative Subgraph Assembly Line Balancing Problem. Firstly, the ranked positional weight method was used to generate an initial solution to insert it into the initial population and then the discrete firefly algorithm used to improve the initial population. The proposed algorithm tested on an existing benchmark set containing medium and large scale instances. The obtained results compared against the benchmark problems' optimal solutions taken from the related literature. As a result, while medium-sized problems are developed for time, they need to be improved for large problems.

References

- Baybars I (1986) A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem, *Management Science* 32: 909-932
- Capacho L, Pastor R (2005) ASALBP: the Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problem." Technical Report: IOC-DT-P-2005-5. UPC. Barcelona, Spain. To appear in: *International Journal of Production Research*
- Capacho L, Pastor R (2006) The ASALB Problem with Processing Alternatives Involving Different Tasks: Definition, Formalization and Resolution. *Lecture Notes in Computer Science, Springer* 3982: 554-563
- Capacho L, Pastor R, Dolgui A, Guschinskaya O (2006) Approximation Methods To Solve The Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problems." *Ecole Nationale Supérieure De Mines*, 2006-500-503
- Capacho Betancourt L (2007) ASALBP: the Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problem. Formalization and Resolution Procedures." *Doctoral Thesis, Technical University Catalonia, Spain*
- Capacho L, Pastor R (2008) ASALBP: The alternative subgraphs assembly line balancing problem. *International Journal of Production Research* 46: 3503-3516
- Capacho L, Pastor R, Dolgui A, Guschinskaya O (2009) An Evaluation Of Constructive Heuristic Methods For Solving The Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problem. *Journal of Heuristics* 15(2): 109-132
- Capacho L, Pastor R (2011) A Metaheuristic Approach to Solve the Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problem 28 [https://www.researchgate.net/publication/221914628,\(2019\)](https://www.researchgate.net/publication/221914628,(2019))
- Jati,GK, Suyanto (2011) Evolutionary Discrete Firefly algorithm for Travelling Salesman Problem A.Bouchachia 393-43
- Marchelvam MK, Prahakaran T, Yang XS (2014) A Discrete Firefly algorithm for the Multi-Objective Hybrid Flow shop Scheduling Problems",*IEEE Transactions on evolutionary computation* 18(2)
- Scholl A (2009) *Balancing and sequencing assembly lines* 2nd. Edition, Physica-Verlag, Heidelberg
- Scholl A, Becker C, Flidner M (2009) Optimally solving the alternative subgraphs assembly line balancing problem." *Annals of Operations Research* 172,243-258
- Sayadi MK, Ramazanian R, Ghaffari N (2010) A Discrete Firefly Metaheuristic With Local Search For Makespan Minimization In Permutation Flow Shop Scheduling Problem, *International Journal Of Industrial Engineering Computations* 1-10
- Osaba,E, Yang XS, Diaz F, Onieva E, Masegosa AD, Pallas A (2017) A Discrete Firefly algorithm to ,Solve A Rich Vehicle Routing Problem Modelling A Newspaper Distribution System With Recycling Policy *Soft Computing* 21:5295-5308
- Yang XS (2010) *Engineering Optimization an Introduction with Metaheuristic Applications*, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 221-229



Journal of Turkish Operations Management

Türkiye ve AB'nin enerji stratejileri ve politikaları

Çetin Önder Incekara

BOTAŞ, Transit Pipe Line Manager, Ankara, cetinincekara@gmail.com, 0000-0003-1927-8208

Makale Bilgi

Makale Geçmişi:

Geliş: 06.07.2019

Revize: 10.12.2019

Kabul: 25.12.2019

Anahtar Kelimeler:

Enerji,
Çok Kriterli Karar Verme,
Bulanık Mantık,
Avrupa Birliği

Özet

Enerji hayatımızda vazgeçilmez bir yere sahiptir, günlük hayatımızda hemen hemen yaptığımız her şey için enerjiye ihtiyaç duyarız. Ülkeler enerji arz güvenliğini sürdürülebilir kaynaklardan gerçekleşmesini sağlamak için çeşitli önlemler almakta, enerji stratejilerini ve politikalarını oluşturmaktadır. Avrupa Birliği (AB)'nin lisanslamaya ilişkin şeffaf kuralları ile herhangi bir üreticinin AB içinde herhangi bir yerde yeni bir enerji santrali kurmasına ve elektrik üretmesine izin vermektedir. Ancak AB enerji santrallerinde kullanılacak enerji kaynakları AB'nin enerji politikaları ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu kapsamda; AB "Enerji 2020 Stratejisi" ile 2020 yılında sera gazı emisyonlarını 1990 yılındaki oranının %40 oranında düşürmeyi, tükettiği enerjinin %27'sinin yenilenebilir kaynaklardan elde etmeyi, enerji verimliliğini en az %27 oranında artırmayı hedeflemektedir. AB "2050 Enerji Yol Haritası" ile 2050 yılında sera gazı emisyonları 1990 yılındaki oranının %80-95' in altına düşürülmesi hedeflemektedir. AB enerji politikasının hedeflerinden biride enerji üretiminde kullandığı enerji kaynaklarını çeşitlendirmektir. AB'nin 2020 ve 2050 yılı enerji hedeflerine ters düşmesine rağmen, AB yerli kömür kullanımını teşvik etmeyi ve yurtiçi üretim kapasitesini daha rekabetçi kılmayı hedeflese de doğal gaz kullanımının yaygınlaşması ve ithal kömür yerli kömürden çok daha ucuz olması nedeniyle yerli kömür tüketimi hızlı bir şekilde azalmaktadır. 2017 yılında AB içinde en fazla tüketilen enerji kaynağı petrol olup %77'i ithalat yoluyla karşılanmıştır. AB' de en çok kullanılan ikinci enerji kaynağı %36 ile doğal gaz olup doğal gazı %33 ile diğer yakıtlar takip etmektedir. 2017 yılında AB; %44,4 ile en çok fosil yakıtlardan (doğal gaz %19,7), %30 yenilenebilir kaynaklardan, %25,6 nükleerden elektrik üretilmiştir. Çalışma kapsamında ülkemizde kamuda ve özel sektörde enerji konusunda uzman yöneticiler (Karar Vericiler:KV) ile görüşülmüş ve detaylı bir anket çalışması yapılmıştır. Dilsel değişkenler vasıtasıyla KV'ler ülkemizin enerji amaç fonksiyonları, enerji senaryoları ve kriterleri değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda; ülkemizin 2035 yılında enerji sektöründe kullanılacak enerji kaynakları yeni bir bulanık çok amaçlı programlama methodu ile bir matematiksel model geliştirilmiş ülkemizin 2035 yılı enerji senaryosu oluşturulmuştur/hesaplanmıştır. Ülkemizin ve AB'nin enerji stratejileri ve politikaları kapsamında geliştirilen matematik model ile ülkemizin 2035 yılı enerji hedefleri oluşturulmuştur.

Turkey and EU's energy strategies and policies

Article info

Article History:

Received: 06.07.2019

Revised: 10.12.2019

Accepted: 25.12.2019

Keywords:

Energy; Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy Logic, Fuzzy Multi Objective Programming, European Union

Abstract

We use energy in our daily lives/activities; therefore energy has an indispensable place in our lives. Countries take various measures to ensure energy supply security from sustainable energy sources and establish their energy strategies and policies. European Union (EU)'s transparent licensing rules allow any energy producer to construct a new power plant and can easily generate electricity inside EU. However, the energy resources to be used in EU's energy sector need to be in line with EU's energy policies. EU's "Energy 2020 Strategy" aims to reduce greenhouse gas emissions by 40% (produced in 1990) in 2020, to generate 27% of its energy from renewable sources, and aims to increase energy efficiency by at least 27%. EU's "2050 Energy Roadmap" aims to reduce greenhouse gas emissions by 80-95% (produced in 1990) in 2050. Another goal of EU's energy policy is to diversify the energy resources used in energy generation. In contradistinction to EU's year 2020 & 2050 energy targets, EU's energy policy encourage the use of domestic coal and domestic energy production. The use of domestic coal consumption is rapidly decreasing due to the widespread use of natural gas and low price of imported coal. In 2017 the most consumed energy source in EU was petroleum and about 77% of it was imported. The second energy source used in EU (about 36%) was natural gas and the third one is other type of fuels (about 33%). In 2017 about 44,4% of EU's energy generation is from fossil fuels (natural gas: %19,7), about 30% of it is from renewable sources and about 25,6% of it is from nuclear power plants. Within the scope of the study, detailed energy survey was conducted with energy experts (Decision-Makers: DM) who work in Turkey's public and private sectors. With the help of linguistic variables, DMs evaluate Turkey's energy objective functions, energy scenarios and criteria. In the study, a mathematical model is developed to obtain/calculate Turkey's year 2035 energy generation plan by using a new fuzzy multi objective programming method. Considering Turkey and EU's energy strategies and policies; Turkey's year 2035 energy targets are obtained/established by the help of developed mathematical model.

1 Giriş

Günlük hayatımızda hemen hemen yaptığımız her şey için enerjiye ihtiyaç duyarız. Günümüzde enerji yaşamın her alanında karşımıza çıkmaktadır, bu kapsamda enerji insanlığın vazgeçilmezi olmuştur. Enerji, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomi ve çevre açısından en önemli unsurudur. Bu kapsamda ülkeler enerji arz güvenliğini sürdürülebilir kaynaklardan gerçekleşmesini sağlamak için önlemler almakta kullandığı enerji kaynağı çeşitliliğini artırmaya çalışmaktadır.

Dünyada her yıl yaklaşık 23.5 trilyon kilovatsaat elektrik enerjisi tüketilmektedir. World Energy Organization (WEO: Dünya Enerji Kuruluşu)' a göre en çok elektrik üreten ülkeler listesinde Çin 5 milyar 207 milyon kilovatsaat ile birinci, Türkiye 15. sıradadır. Günümüzde ülkeler enerjide dışa bağımlılıklarını azaltmak için kullanmış oldukları enerjiyi çeşitlendirmek ve ithal ettikleri enerji kaynak sayısını, ülke sayısını arttırmak istemektedirler. Bu sayede tek bir kaynağa/ülkeye bağımlı hale gelmemek için gerekli önlemleri almaktadırlar.

International Energy Agency (IEA: Uluslararası Enerji Ajansı)' a göre günümüzde dünya enerji piyasası liginde Avrupa Birliği (AB) ithalata birinci sırada yer alırken, tüketimde ise ikinci sırada yer almaktadır. AB enerji ihtiyacının yarısını AB dışındaki kaynaklardan temin etmektedir. Bu durum AB enerji arz güvenliği için bir tehdit unsuru olduğundan AB' i ortak bir enerji politikası geliştirmesi zorunluğu doğmuş, bu kapsamda AB üye ülkeleri ile ortak bir enerji politikası oluşturmuştur. AB enerji politikası enerji kaynaklarının arz güvenliğini güçlendirmek, elektrik ve doğalgaz piyasasında ise; şeffaf, verimli, AB içinde bütünleşmiş dinamik bir iç enerji piyasası oluşturmaktır. Ülkemiz AB üyelik müzakerelerine devam ettiğinden (enerji fasılları görüşmeleri devam etmektedir); AB'nin enerji hedeflerini

gerçekleştirmek için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından ülkemizin 2023 yılındaki enerji hedefleri "Elektrik Enerjisi Piyasası Arz Güvenliği" strateji belgesi (ETKB 2009) oluşturulmuş ve uygulamaya konmuştur. ETKB ülkemizin 2023 yılı enerji hedeflerini dikkate alarak 2035 yılı enerji hedeflerini oluşturulmaya çalışmaktadır. Bu kapsamda çalışmada AB ve ETKB enerji politikaları çerçevesinde; yeni bir bulanık çok amaçlı programlama methodu ile bir matematiksel model geliştirilerek, ETKB'nin 2023 yılı enerji hedefleri/kısıtları altında; ülkemizin 2035 yılı enerji senaryosu hesaplanmıştır.

2 Enerji hedefleri

2.1 AB'nin enerji hedefleri

AB'nin enerji politikası; rekabet gücü, enerji arzının güvenliği ve çevrenin korunması arasında bir dengeye vararak, toplam enerji tüketiminde kömürün payını korumayı, doğal gazın payını artırmayı, nükleer enerji santralleri için azami güvenlik şartları tesis etmeyi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmayı hedeflemiştir.

1995 yılında AB enerji politikalarının genel ilkeleri ve hedefleri "Avrupa Birliği için Bir Enerji Politikası" başlıklı Beyaz Kitap'ta yayınlanmıştır. Enerji arzının güvenliği, çevrenin korunması ve genel rekabet gücü, günümüzde AB enerji politikasının en önemli hedefleri olarak belirlenmiştir (İncekara 2011). AB kurulduğu zaman enerji politikasının amacı; rekabet gücü, enerji arzının güvenliği ve çevrenin korunması arasında bir denge kurarak, toplam enerji tüketiminde kömürün payını korumak, doğal gazın payını artırmak, nükleer enerji santralleri için azami güvenlik şartları tesis etmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmak olarak açıklanmıştır. AB ham petrolü başka bir enerji biçimleriyle ikame etmeyi hedeflemiş bu kapsamda çeşitli programlar uygulamaktadır. Ancak AB petrolün ve doğal gazın günümüzdeki önemi nedeniyle; AB gelecekte de kullanacağından dolayı AB içinde hidrokarbon kaynaklarının aranmasını teşvik etmektedir. AB'nin enerji politikasının temelinde birey bulunduğu tüketiciye daha ucuz enerji sağlamak, daha yüksek kalitede ve kesintisiz bir hizmet sunmak, AB enerji politikasının temel hedefini oluşturmaktadır. AB; 13 Mart 2001 tarihinde doğal gaz ve elektrik piyasalarının tamamen serbestleştirilmesine yönelik tedbirler paketini önermiştir. Bu kapsamda; tüketiciler elektrik ve doğal gaz sunucularını seçme olanağına kavuşmuş olması amaçlanmıştır.

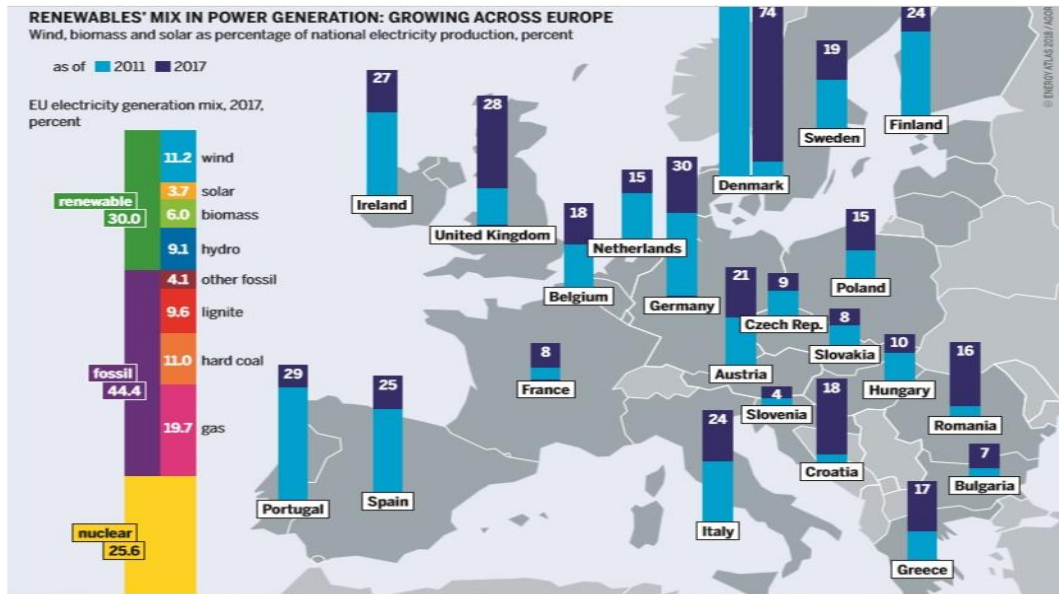
AB enerji politikası, doğal gaz ve elektrik piyasalarının tedricen serbestleşmesi yönündedir (doğal gazın ve elektriğin şebekeler içinde taşınması ve dağıtılması zorluğuna rağmen). AB içinde malların serbest dolaşımı, hizmet sağlama serbestliği, yerleşme hakkı ve rekabetin bozulmaması ilkeleri, enerji sektöründe uygulanması hedeflenmektedirler. AB enerji piyasası/sektörü aşağıda özetlenmiştir:

- **AB Elektrik piyasası:** AB'de elektrik üretimi; yıllarca tekeli üretime ve 15 ayrı ulusal pazara dayalı olmuştur. 19 Şubat 1996 tarihinde AB içinde elektrik ticareti ve üretimi için, rekabet bir kural haline gelmiştir. Elektrik tek pazarını kuran bu mevzuat, rekabetin adil ve şeffaf bir şekilde gelişebileceği asgari şartlarını belirlemiştir. AB'nin lisanslamaya ilişkin şeffaf kuralları ile herhangi bir üreticinin, AB içinde herhangi bir yerde yeni bir enerji santrali kurmasına ve elektrik üretmesine izin vermektedir. Bu sayede AB içinde büyük ve orta ölçekli elektrik tüketicileri, elektriği nereden alacaklarını seçme imkanına sahip olmuştur. AB elektrik iç pazarında temel unsur tüketicinin seçme hakkının bulunmasıdır.
- **AB Doğal gaz piyasası:** AB doğal gaz piyasası yıllarca 15 üye ülkesinin ulusal piyasalarına dayalı olarak kalmıştır. Söz konusu 15 ülkenin çok çeşitli doğal gaz tekelleri yaratan farklı özellikleri/uygulamaları vardır. AB üye 5 ülke -Almanya, Fransa, İtalya, Hollanda ve İngiltere; AB'nin doğal gaz tüketiminin % 85' ten fazlasını gerçekleştirmektedir. Finlandiya, AB'nin doğal gaz şebekesine bağlı değildir. Doğal gaz AB içinde talebin en hızlı büyümesinin beklendiği enerji kaynağı ve sektördür. AB Enerji Konseyi; Aralık 1997'de "doğal gaz iç pazarı/piyasası" kurulmasını kararlaştırmıştır. AB içinde doğal gaz piyasaların çeşitliliği nedeniyle; ortak doğal gaz çerçevesi esnek bir düzenlemeye dayanmaktadır. AB içinde doğal gaza ilişkin siyasi mutabakat; AB elektrik piyasası ilkelerine dayanmaktadır. Bu ilkeler çerçeve ilkeler olarak adlandırılır. Bunlar; zaman içinde kademeli olarak rekabete açılma (10 yıl), şeffaflık ve hakları veya yükümlülükleri açısından firmalara karşı ayrımcı olmamak şeklinde belirlenmiştir. Çerçeve, doğal gazın depolanması, iletilmesi, sunulması ve dağıtılması konularında ortak kurallar getirmiştir. Doğal gaz sektörünün örgütlenişi ve işleyişi hakkında ayrıntılı kurallar belirlenmiş, lisans verme kriterleri ve prosedürleri tanımlanmıştır.
- **AB Petrol piyasası:** Petrol sektörü AB pazarında önemli bir yeri vardır. AB enerji politikası, petrolü başka enerji biçimleriyle ikame etmeyi hedeflemiştir. Ancak, bu enerjinin önemi nedeniyle, AB yerli hidrokarbon kaynaklarının aranması ve işletilmesinde teşvik etmektedir. Özellikle petrol ürünleri üzerindeki tüketim vergileri ve lisanslama konularında, önemli tedbirler alınmıştır. 1994' ten beri, AB, Avrupa Ekonomi Alanı

içinde hidrokarbon arama, keşif ve üretim faaliyetlerindeki şirketlere ayrımcı olmayan erişim imkânı sağlamıştır. Petrol ürünleri üzerindeki tüketim vergileri, enerji iç pazarının temel taşlarından biri olarak kabul edilmiştir.

- **AB Kömür piyasası:** AB'de ilk iç pazar olma özelliğini taşıyan kömür pazarı 1952 yılında Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu (AKÇT) Antlaşması ile kurulmuştur. Bu antlaşmanın süresi 23 Temmuz 2002'de sona ermiştir. AB içinde kömür ticareti herhangi bir kısıtlamaya tabi olmamıştır. AB içinde halen kömür üreten sadece üç ülke vardır: İngiltere, Almanya ve İspanya'dır. AB, kömür kullanımını teşvik etmeyi ve yurtiçi üretim kapasitesini daha rekabetçi kılmayı hedeflemektedir. AB' de doğal gaz kullanımının yaygınlaşması ve ithal kömürün yerli kömürden çok daha ucuz olması nedeniyle yerli kömür tüketimi hızlı bir şekilde azalmıştır. Düşük kömür fiyatları, doğal gaz gibi diğer rakip yakıtların fiyatlarını düzenleyici bir rol oynamaktadır. Katı yakıtlar, AB'de elektrik üretiminin %30'dan fazla bir bölümünü sağlamaktadır.

2017 yılında AB içinde en fazla tüketilen enerji kaynağı petrol olup %77'i ithalat yoluyla karşılanmıştır. AB de kullanılan ikinci kaynak %36 ile doğal gaz olup doğal gazı %33 ile diğer yakıtlar takip etmektedir. 2017 yılında AB içinde elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının oranları Şekil 1' de gösterilmiştir. Buna göre AB; 2017 yılında %44,4 ile en çok fosil yakıtlardan, %30 yenilenebilir kaynaklardan, %25,6 nükleer enerjiden elektrik üretilmiştir (Energy Atlas 2018; CEPS 2017).



Şekil 1 2017 yılında AB içinde elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynakları

AB mevzuatı, rekabet gücü yüksek, güvenli ve sürdürülebilir enerji piyasaları oluşturulması, kalitenin artırılması, tüketiciye daha fazla seçenek ve daha ucuz fiyatlar sunulabilmesi amacıyla enerji piyasalarında serbestleşmeyi ve rekabeti sağlayıcı düzenlemeleri içermektedir. AB "Avrupa için Akıllı Enerji (2003-2006)" programı Kasım 2000'de "Enerji: Arzın Güvenliği" isimli Yeşil Kitapta yayınlanarak uygulamaya başlamıştır. Burada hedeflenen; arzın güvenliğinin güçlendirilmesi, yenilenebilir enerji, enerji etkinliği ile iklim değişikliği ile mücadele ederek, rekabeti teşvik etmektir. Avrupa Birliği enerji politikalarının üç temel amacı vardır:

- Topluluğun rekabet edebilirliğine katkı sağlamak,
- Enerji arz güvenliğini temin etmek,
- Sürdürülebilir kalkınma temelinde çevrenin korunmasına katkıda bulunmak.

AB enerji verimliliğini her yıl %1 oranında artırılmasını, yenilenebilir enerji tüketiminin 2010 yılına kadar %6' dan %12' e yükseltilmesini, 2010 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini %22,1' e çıkarmayı hedeflemiş ve Kyoto'da belirlenen mekanizmaların teşvik edilmesi ile söz konusu hedefleri gerçekleştirmiştir. İklim değişikliği politikaları ile iklim değişikliği ile mücadele AB'nin sürdürülebilir enerji politikasının temelini oluşturmuştur. Avrupa Birliği 2007 yılında "Enerji ve İklim Değişikliği Paketi"ni onaylamış ve 2020 yılına kadarki enerji hedefleri tanımlanmıştır. AB enerji politikalarının ve programlarının hayata geçirilmesi için; 2003-2006 döneminde 215 milyon

Euro, 1998-2002 dönemindeki Enerji Çerçeve Programı kapsamında ise toplam 175 milyon Euro harcamıştır. AB'nin "20-20-20" olarak tanımlanan enerji politikasındaki hedefler:

- Sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesinin en az %20 altına düşürmek,
- Yenilenebilir enerji payının %20'ye çıkarılması,
- Ulaşım sektöründe biyoyakıt kullanımının en az %10' a çıkarılması,
- Birincil enerji tüketiminde %20 tasarruf sağlanması.

AB'nin orta ve uzun vadeli enerji politikaları "Enerji 2020 Stratejisi" ve "2050 Enerji Yol Haritası"nda tanımlanmış olup karbonsuz bir enerji sistemi hedeflenmiştir (İncekara 2017; 2019a). AB'nin 2030 yılı için hedefleri aşağıda sunulmuştur:

- 1990 yılı seviyelerine kıyasla sera gazı emisyonlarını %40 oranında azaltmak,
- AB tarafından tüketilen enerjinin %27'sinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesini sağlamak,
- Enerji verimliliğini en az %27 oranında artırmak,
- AB ülkeleri arasında elektrik dahili bağlantı hedefi olarak belirlenen %15 oranına ulaşmak ve altyapı projelerini ilerleterek iç enerji piyasasını tamamlamak.

AB 2050 yılında sera gazı emisyonları 1990 yılındaki oranının %80-95' in altına düşürülmesi hedeflenmektedir. AB'nin 2050 Enerji Yol Haritası bu hedefe ulaşmaya yönelik birkaç senaryo bulunmaktadır. AB ilk aşamada -2020 yılına kadar- AB; tükettiği enerjisinin en az yüzde 20' sini yenilenebilir kaynaklardan ve temiz bir enerji kaynağı olan doğalgazdan elde etmeyi hedeflemektedir.

Eurostat verilerine göre; AB'nin 2030 yılında enerji ihtiyacının %27'ini doğal gazdan, %34'ünü petrolden, %11'ini nükleer enerjiden, %12'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından ve %16'nı da katı yakıtlardan karşılanması beklenmektedir (Avrupa Komisyonu, 2015). Bu kapsamda AB'nin 2030 yılı itibariyle petrolde %93, doğal gazda ise %84 oranında dışa bağımlı olacaktır. Sonuç olarak rapora göre AB gelecekte-2035 yılında en büyük doğalgaz ithalatçısı konumunu sürdürmesi beklenmektedir.

2.1.1 AB Enerji Programları

AB; 25 Şubat 2015 tarihinde "İleriye Dönük İklim Değişikliği Politikası ile Dirençli bir Enerji Birliği için Çerçeve Strateji" belgesini yayımlamıştır. Enerji Birliği Çerçeve Stratejisi olarak anılan belgede; enerji güvenliği, sürdürülebilirlik ve rekabetçiliği artırmak hedefi doğrultusunda tanımlanan AB'nin öncelikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Enerji arz güvenliğinin sağlanması,
- Tam entegre ortak bir Avrupa enerji pazarının oluşturulması,
- Enerji talebini azaltılmasına yönelik enerji verimliliğinin artırılması,
- Ekonominin karbonsuzlaştırılması,
- Araştırmacılık, yenilikçilik ve rekabetçilik.

AB içinde tüketilen enerjinin yarısı üçüncü ülkelerden ithal edilmektedir. AB tarafından en çok ithal edilen enerji kaynağı petroldür. AB'de tüketilen petrolün %78'i ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Bunu, %36 ile doğal gaz ve %32 ile diğer yakıtlar takip etmektedir. Avrupa'nın enerji tüketimi arttıkça enerjide dışa bağımlılığı artmaktadır (European Commission 2003; İncekara 2017).

AB enerji politikasının hedeflerinden biri, enerji arzının kesintiye uğramasını önlemek ve enerji kaynaklarını çeşitlendirmektir. AB yeni enerji kaynaklarını geliştirmek adına; hidro, güneş ve rüzgar enerjileri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir. Ayrıca AB arz güvenliğini sağlamak amacıyla, Avrupa Enerji Şartı gibi bazı anlaşmalar yaparak üçüncü ülkeler ile transit projeleri ve uluslararası enerji işbirliğini arttırmaktadır. Dış bağlantıların geliştirilmesi ve sürdürülmesi de arz güvenliğinde bir başka temel unsurdur. Trans-Avrupa Enerji Ağları bu amaç doğrultusunda kurulmuştur.

AB; sera gazı emisyonlarının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmayı amaçlayan çeşitli iklim ve enerji hedefleri doğrultusunda kendisine hedefler koymuştur. AB hedefleri doğrultusunda gerekli adımları/teşvikleri/programları uygulamaya koymuştur. AB tarafından yayınlanan

"Avrupa'da Enerji ve Ulaşım: 2030'a Doğru" araştırmada (EU Directive 2012; IEA 2013); 2010 yılında AB'nin enerji kaynakları içinde yenilenebilir enerjinin miktarı %6 olarak gösterilmiştir. Aynı araştırma, bu oranın 2030 yılında ancak %27'e ulaşacağını öngörmektedir. AB'deki yenilenebilir enerji dağıtımının 2005 yılında yakaladığı yüksek ivmenin 2015 ve 2016'da hafif bir şekilde yavaşladığını gören AB bu kapsamda; AB enerji hedeflerini gerçekleştirmek için çeşitli önlemler almıştır. Bu kapsamda aşağıda sunulan enerji programlarını ve teşviklerini (Avrupa Komisyonu 2008; 2015) geliştirerek uygulamaya koymuştur.

Avrupa Enerji Şartı: Purupa Enerji Şartı, 1991 yılında Lahey'de imzalanmış olup 38 ülke ve AB tarafından onaylanmıştır. Enerji Şartının başlıca hedefleri, AB içinde arz güvenliğini artırarak, enerji üretimi, dönüşümü, taşınması, dağıtımı ve kullanımında enerji verimliliğini en üst seviyeye çıkarmak ve enerji ile ilgili çevre problemlerini en aza indirmektir. Nisan 1998'de, Enerji Şartı Antlaşması ve AB Enerji Verimliliği üzerine bir Protokol yürürlüğe girmiştir.

Trans-Avrupa Enerji Ağları (TEN-E): AB içinde enerji arzı güvenliğinin sağlanması için, enerjinin güvenli bir şekilde taşınması gereklidir. Maastricht Antlaşması ile ulusal ağların birbirleriyle bağlantısını ve birlikte çalışmasını teşvik etmek için ulaşım, telekomünikasyon, enerji ve çevre alanlarında ilerleme sağlanması amacıyla oluşturulmuştur. İç pazarının genişlemesini hedefleyen AB, doğal gaz ve elektrik şebekeleri geliştirilmesi amacıyla söz konusu programı geliştirmiş ve uygulamaya başlamıştır. TEN-E kapsamında geliştirilen hatlar aşağıda özetlenmiştir:

- Elektrik nakil hatları: Yüksek voltaj hatları, denizaltı bağlantıları ve koruma, izleme ve kontrol sistemleri,
- Doğal gaz hatları: Yüksek basınçlı doğal gaz boru hatları, yeraltı depolama faaliyetleri, sıvılaştırılmış doğal gazın elde edilmesi ve depolanması ile ilgili faaliyetler, koruma, izleme ve kontrol faaliyetleridir.

TEN-E programının amacı: elektrik sektöründe; izole durumda bulunan elektrik ağlarıyla bağlantı sağlanması, üye ülkeler arasında enerji nakil hatları bağlantılarının geliştirilmesi, üye ülkelerle üçüncü ülkelerin bağlantılarının güçlendirilmesi (örnek: bazı Akdeniz ülkeleri, Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri ve Norveç ile bağlantılar yapılmıştır, Polonya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve Macaristan'ı kapsayan CENTREL elektrik şebekesi, başlıca Avrupa elektrik şebekesi olan UCPT'e 1995 yılında bağlanmıştır); doğal gaz sektöründe, doğal gazın yeni bölgelere ulaştırılması, izole durumdaki gaz ağlarının bağlantısının sağlanması, alım ve depolama kapasitesinin geliştirilmesi, doğal gaz boru hatlarının arzının artırılarak ulaştırma kapasitesinin yükseltilmesidir.

ALTENER II: AB özellikle rüzgar ve hidro kaynakları kullanarak yenilenebilir enerji elde etmek için Altener II programı geliştirilmiştir. Yenilenebilir enerji, karbondioksitin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Altener II yenilenebilir enerji konusundaki faaliyetleri genişletmiştir. Beyaz Kitap "Gelecek için Enerji: Yenilenebilir Enerji Kaynakları" hazırlanarak AB'nin yenilenebilir hedefleri tanımlanmıştır. Bu şekilde Topluluk Stratejisi ve Enerji Faaliyet Planı'na büyük katkı sağlamıştır. AB 2003-2006 yıllarını kapsayan dönemde; Altener II programı için 80 milyon Euro harcamıştır.

SAVE: Program AB'nin enerji etkinliği konusunda teknolojik olmayan faaliyetlerinin temel odağı konumundadır. AB, SAVE programı çerçevesinde; siyasi önlemler, pilot faaliyetler ile yerel/bölgesel enerji yönetimi yoluyla enerjinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Program ile sanayide, ticarete ve ulaşım sektöründeki AB içindeki enerji tüketiminde tutumlu ve verimli olunmasını teşvik etmektedir. AB SAVE programı kapsamında 2006 yılına kadar 170 milyon Euro harcamıştır.

COOPENER: Program, AB'nin uluslararası alanda enerjinin etkin kullanımını ve yenilenebilir kaynaklardan enerji arzının sağlanmasını teşvik etmektedir. AB 2003-2006 yıllarını kapsayan COOPENER programı için 17 milyon Euro harcamıştır.

CARNOT: Program, AB içinde temiz ve etkin sıvı yakıt kullanımını teşvik ederek yıllara sari AB içinde teknolojik faaliyetleri/yatırımları içeren bir planı içeren programdır. Programın amacı; karbondioksit emisyonu dahil olmak üzere emisyonları sınırlandırmak ve var olan en iyi teknolojilere karşılanabilir fiyatlarla ulaşmaktır. Tüketiciler bu amaçla gelişmiş sıvı yakıtı teknolojilerini kullanma/geliştirme yönünde teşvik edilmektedir. Buna ek olarak öncelikli hedef, dengeli enerji politikası izlenmesi (arzın güvenliği, rekabet ve çevrenin korunması) ve Enerji Çerçeve Programı'nın dikkate alınmasıdır. CARNOT, 2003 yılından itibaren "Avrupa için Akıllı Enerji" programına entegre edilmiştir.

STEER: "Ulaştırma enerjisi" isimli yeni bir faaliyet alanı oluşturan bir programdır. AB; 2003-2006 yıllarını kapsayan STEER programı için 32 milyon Euro harcamıştır.

SYNERGY: Synergy, Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaştırma Genel Müdürlüğü tarafından yönetilen bir işbirliği programıdır. Program, AB üyesi olmayan ülkelerle enerji politikasının katılımcılara fayda sağlaması amacı ile işbirliği faaliyetlerinin şekillendirmesi ve uygulanması için finansman sağlamaktadır. Diğer AB programlarının aksine, SYNERGY programı AB'nin enerji siyasetinin dış boyutunu ele almaktadır. SYNERGY programı kapsamında verilen destek -genelde- proje başına 250.000 Euro'dan az olmamıştır. SYNERGY, "Avrupa için Akıllı Enerji" programına entegre edilmiştir.

SURE: Program, AB içindeki nükleer sektördeki faaliyetlere yoğunlaşmıştır. AB nükleer enerji konusunda farklı yaklaşımlara sahiptir. AB'nin bazı ülkeleri nükleer enerjiye büyük ölçüde bağımlıyken, diğerleri 1986 yılında Çernobil'de meydana gelen faciadan dolayı nükleer enerjiden uzaklaşmış, bu duruma uygun bir enerji politikası izlemeyi tercih etmiştir. Program, AB içindeki nükleer enerji yatırımlarını/planlamalarını düzenlemek amacıyla geliştirilmiştir. Program, AB Enerji Çerçeve Programı'nı tamamlayıcı bir niteliğe sahiptir.

Söz konusu programlar/teşvikler sayesinde AB yenilenebilir enerji kaynaklarındaki yatırımlar hızla artmıştır. Bu kapsamda AB yenilenebilir enerji içinde hidroelektrik %90'lık payıyla birinci sırada yer alırken, "yeni" yenilenebilir kaynaklar olarak da adlandırılan rüzgar ve güneş enerjisi özellikle Batı Avrupa'da önemli bir gelişme göstermiştir. AB genelinde rüzgar ve güneş enerjisinde Danimarka, Almanya ve İspanya'nın gösterdiği hızlı gelişme ile Avusturya, Yunanistan ve Almanya'nın özellikle güneş enerjisi alanındaki gelişmeler/ilerlemeler sağlanmıştır.

AB Komisyonu'nun yayınladığı "Enerji Arzı için Avrupa Stratejisine Doğru" isimli Yeşil Kitap'ta enerjide talep yönetimi için üç nokta vurgulanarak, önlem alınması belirtilmiştir/vurgulanmıştır:

- i. AB dış enerji kaynaklarına bağımlı hale geldiğinden, önlemler alınmazsa günümüzde %50 seviyesinde olan ithalata bağımlılık oranı 2023 yılında %70 seviyesine ulaşacaktır.
- ii. Günümüzde AB'de sera gazı emisyonu yükselmiştir. Bu durum; AB içinde iklim değişiklikleri için önlem alınmasını güçleştirmektedir, Kyoto Protokolü taahhütlerini karşılamayı zorlaştırmaktadır. AB Kyoto Protokolü'ndeki taahhütleri, iklim değişimine karşı atılacak ilk adım olarak kabul edilerek taahhütler yerine getirilmelidir.
- iii. AB'nin enerji arzını etkileme kapasitesi sınırlıdır. Konuyu talep yönünden değerlendirecek olursak temel olarak binalarda ve ulaşımda enerji tasarrufunun desteklenmesi yoluyla AB'nin etkin olabilmesi mümkündür.

Avrupa Birliği, enerji alanındaki kararlarının daha etkili uygulanmasına hizmet etmek amacıyla 11 Kasım 2003 tarihli Komisyon kararı ile Avrupa Elektrik ve Gaz Düzenleme Grubu'nu oluşturmuştur. Bu sayede AB elektrik iç pazarı ve sınırlar arası elektrik ve doğal gaz ticaretine ilişkin politikalarının bu düzenleyici çerçeve sayesinde daha kolay hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.

Ayrıca; AB "2030 yılına yönelik iklim ve enerji politikalarının çerçevesi" programı ile; sera gazı emisyonlarının 2030 yılına kadar 1990 seviyesine kıyasla %40 oranında azaltılması, yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimi içindeki payının %27 oranına yükseltilmesi ve enerji verimliliğinin asgari olarak %27 oranında artırılması hedeflenmektedir.

2.2 Türkiye'nin Enerji Hedefleri

Ülkemiz jeopolitik konumu nedeniyle, enerji konusunda önemli bir role sahiptir. Ülkemiz büyük bir hidroelektrik üreticisi olmanın yanında, Orta Doğu, Karadeniz ve Kafkaslar gibi fosil enerji kaynaklarının bulunduğu bölgeler ile AB arasında geçiş ülkesi konumundadır. AB tam üyelik hedefi doğrultusunda kararlılıkla ilerleyen ülkemiz, AB' ne enerji konusunda tam uyumu hedeflemektedir. Bu doğrultuda enerji ile ilgili birçok alanda gerekli yasal düzenlemeleri yaparak uygulamalarına geçmiştir. Türkiye'nin enerji hedefleri/politikası oluşturulurken dikkat edilen temel öncelikler aşağıda sıralanmıştır:

- Maliyet, zaman ve miktar yönünden enerjinin tüketiciler için erişilebilir olması,
- Serbest piyasa uygulamaları içinde kamu ve özel kesim imkanlarının harekete geçirilmesi,
- Dışa bağımlılığın azaltılması,
- Enerji alanında ülkemizin bölgesel ve küresel etkinliğinin artırılması,
- Kaynak, güzergah ve teknoloji çeşitliliğinin sağlanması,
- Yenilenebilir kaynakların azami oranda kullanılmasının sağlanması,

- Enerji verimliliğinin artırılması,
- Enerji ve tabii kaynakların üretiminde ve kullanımında çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesidir.

Söz konusu temel öncelikler dikkate alınarak ETKB tarafından ülkemizin 2023 yılındaki enerji hedefleri “Elektrik Enerjisi Piyasası Arz Güvenliği” strateji belgesi (ETKB 2009) oluşturulmuş ve yayınlanmıştır.

- Yerli kaynak kullanımına öncelik verilerek enerji kaynak kullanımının çeşitlendirmesinin sağlanması,
- 2015 yılına kadar doğalgaz ithalatının en fazla olduğu ülkenin payını %50’ nin altına indirecek kaynak ülke çeşitliliğinin sağlanması,
- Ülkemizin jeostratejik konumundan faydalanarak ülkemizi enerji koridoru ve terminali olmasını sağlanması,
- 2023 yılında yenilenebilir enerji üretim hedefi olan %30’ un sağlanması,
- 2023 yılı sonuna kadar güneş enerjisinin 5.000 MW (8.000 GWh) kurulu güce ulaşılmasını sağlamak,
- 2023 yılı sonuna kadar rüzgar enerjisinin 20.000 MW (50.000 GWh) kurulu güce ulaşılmasını sağlamak,
- 2023 yılı sonuna kadar jeotermal enerjisinin 600 MW (5.100 GWh) kurulu güce ulaşılmasını sağlamak,
- 2023 yılı sonuna kadar ülkemizdeki bütün ekonomik hidrolik potansiyelimiz olan 50.000 MW’ ı (140.000 GWh) kullanmak,
- 2023 yılı sonuna kadar biyokütle enerjisinin 1.000 MW (4.533 GWh) kurulu güce ulaşılmasını sağlamak,
- 2023 yılı sonuna kadar ülkemizdeki elektrik enerjisi üretimimizin yüzde 5 (yüksek talepte: 26.892 GWh, düşük talepte: 23.990 GWh)’ inin nükleer enerjiden sağlanması,
- 2023 yılı sonuna kadar tüm yerli kömür potansiyelimizin ekonomimize kazandırılmasının sağlanması. (taş kömürü potansiyelimiz: 11.000 GWh, linyit potansiyelimiz: 118.000 GWh, asfaltit ve bitümlü şist potansiyelimiz: 16.000 GWh)

Ülkemiz 2011, 2012, 2013 ve 2014 yıllarında elektrik üretimimiz yüksek yenilebilir enerji potansiyelimize rağmen yaklaşık yarısı dışarıdan ithal edilen doğalgazdan karşılanmıştır (İncekara 2013). 2012 yılında elektrik üretimimizde doğalgazın payı %43,6 olup 2017 yılında %37 olmuştur.

3 Hesap yöntemi: bulanık mantık

Gerçek dünya karmaşıktır ve bu karmaşıklık, genel olarak belirsizlik ve kesin karar verilemeyeşten kaynaklanmaktadır. Günümüzde birçok konuda; sosyal ve teknik konular dahil tam bir karara varamadığımızdan, kesin kararımızı tam olarak ifade edemediğimizden dolayı günlük hayatımızda her zaman belirsizlikler yer almaktadır. Bu nedenle bilimsel dünyada karar verme sürecine bulanık mantık teorisinin dâhil edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık; karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgilere dayanarak tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan düşünme ve karar verme mekanizmasıdır.

Bulanık mantıkta karar vericilerin değerlendirmelerinin dilsel değişkenler vasıtasıyla çözüm sürecine dahil edilmiştir. Dilsel değişkenlerin bulanık sayılarla çözüm sürece dahil edilmesinin çok kriterli karar verme problemlerinde karşılaşılan belirsizliklerin giderilmesini sağladığı için literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Bulanık mantık teorisi ilk olarak 1965 yılında Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh “Bulanık Kümeler” adlı ünlü makalesinde bulanık kümeler teorisinin temel kavramlarını ve matematiksel özelliklerini literatürde ilk defa tanımlamıştır. (Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan “Bulanık Kümeler” başlıklı ilk makalesinde bulanık kümeyi üyeliğin derecelendirilmesinin sürekli olduğu bir nesnel sınıfları tanımlamaktadır.) Zadeh bir bulanık kümedeki “üyeliği” kabul veya reddetme meselesi olarak değil, bir derecelendirme meselesi olarak nitelendirmektedir. Zadeh’in bu önerisi (1965’ten beri) klasik veya kesin kümelerden “Bulanık Kümelere” doğru bir geçiş modeli olarak kabul görmüştür. Zadeh’ in “Bulanık Kümeler” i ile belirsizlik ile kesinsizlik kavramlarının değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir ve belirsizlik konusundaki düşüncesi bilim dünyasını derinden etkilemiştir. Hem olasılık teorisinin belirsizlik için tek temsil edici yöntem olmadığını göstermiş, hem de olasılık teorisinin dayandığı temelleri de sorgulamıştır (Klir ve Yuan 1995). Klir (1995) tarafından belirsizliğin oluşumu “Genellikle incelenen olay ve gözlemin evrensel bütünlükle ilişkisi karmaşıkları, doğrusallıktan uzaklaşma ve belirsizlikler ortaya çıkar” şeklinde belirtilmiştir. Bulanık küme ve bulanık mantık teorileri bu söz konusu belirsizlikleri ve kesinsizlikleri yakalaması/içermesi ile ünlü teorilerdir. Bulanık kümenin karakteristiği, yani üyelik fonksiyonu öyle bir fonksiyondur ki onun değer kümesi kapalı birim aralıkta düzenli üyeliğe sahip bir kümedir. Bundan dolayı çoğu bulanık küme bir fonksiyon ile karakterize edilebilmektedir. Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın çeşitli araştırma merkezlerinde dikkat çekmesi 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir bulanık kontrol sistemi uygulaması ile olmuştur.

3.1 Bulanık Küme

Küme “iyi tanımlanmış nesnelere topluluğu” olarak adlandırılır, diğer bir tanıma ise “klasik küme” olup elemanları da “klasik küme elemanları”dır. Klasik kümelerde, hem küme hem de kümenin elemanları net bir şekilde tanımlanmıştır, tanımsal sapmasızlık göstermektedirler. Bulanık küme ise sınır koşulları net olarak belirlenmemiş olan kümeler olarak adlandırılır. Klasik kümede, küme elemanlarının alabilecekleri üyelik fonksiyonu değerleri; “0” veya “1” olabilir. Bir nesne ilgili klasik kümeye aitse “1”, değilse “0” değerine sahip olur.

Bulanık kümede ise; “0” ve “1” değerlerine ek olarak bu iki değer arasındaki tüm değerleri de alabilirler. Bu durum olabirlik olarak ta ifade edilmektedir. Olabirlik kavramı içinde belirsizlik içermektedir. Zadeh bu durumu, insan doğası ve mantığı açısından daha geçerli olduğunu ifade etmiştir. 1965 yılında Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık küme teorisi, mantık ve sistem kavramları; uzun yıllar boyunca Zadeh’ in kontrol alanında çalışması ve kontrolü elde edebilmek için çok fazla doğrusal olmayan denklemler yüzünden yöntemin karmaşıklaşması ve çözümün zorlaşması sonucunda ortaya çıkmıştır (Şen 2009). Zadeh (1965)’ e göre, “bulanık küme notasyonu, klasik kümeler kullanılarak oluşturulan çerçevelere birçok açıdan benzer ancak potansiyel olarak desen sınıflandırması ve bilgi işleme alanlarında daha geniş bir uygulanabilirlik alanı sahip; esasen, belirsizlik kaynağının rastgele değişkenlerin varlığından ziyade kesin bir şekilde tanımlanmış sınıf üyeliği ölçütlerinin bulunmadığı durumların çözümlenmesinin doğal yolunu sağlayabilecek bir olgu” olarak ifade edilmiştir.

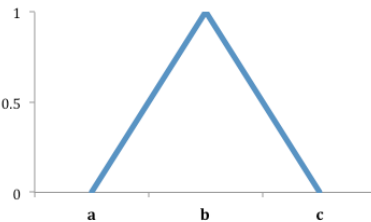
3.2 Üyelik Fonksiyonu ve Bulanık Sayı

Bulanık mantığın temel elemanı bulanık kümelerdir, kümeler üyelik fonksiyonları yardımıyla tanımlanırlar. Üyelik fonksiyonları bulanık sayılardır. Bulanık bir A kümesi “ \tilde{A} ” veya “ μ_A ” ile temsil edilir. “ μ_A ” kümesinin elemanları da üyelik fonksiyonları ile ifade edilir. Üyelik fonksiyonu, bir kümeye ait olmanın karışık bir şekilde öğelere yayılmasını ifade eder. Nesnelere üyelik dereceleri arasındaki ilişkiye bulanık teklik denir. Bulanık küme teorisinde; bulanık işlemlerde üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra bulanık olan herhangi bir şeyin kalmadığı kabul edilmektedir. Üyelik derecesi ve nesnenin ifadesini gösteren, sıralı çift gösteriminin, Denklem (1) de gösterilmiştir (Zimmermann, 1993).

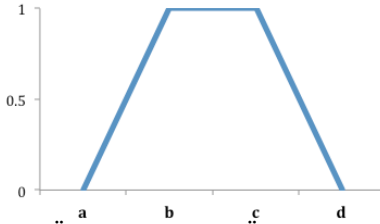
$$\tilde{A} = (x, \mu_A(x)), \forall x \in U \quad (1)$$

Denklem (1) de “A” bulanık küme, $\mu_A(x)$ üyelik derecesi, $(x, \mu_A(x))$ bulanık tekliktir. Bulanık mantık her alanda kullanılır. Ayrıca insanların günlük hayatta karşılaştıkları, yaşadıkları çoğu olaylar karşısındaki karar verme sistemi ile benzerlik göstermektedir. Zadeh (1965) bu durumu “çoğu insanın karar verme sürecinde, karar vermelerini tetikleyen kanıtlar, bulanık ve seçimlidir(tanecikli)” olarak tanımlamıştır. Zadeh’e göre, klasik kümede “0” ve “1” noktaları sadece tam üyelik veya hiç üyelik derecelerini alırlar. Bulanık kümede; gerçek sürekli aralık $[0, 1]$ üzerinde çeşitli “üyelik dereceleri” alabilmesi için Zadeh ikili üyelik kavramını genişletmiştir. Söz konusu uç noktalar arasındaki sonsuz adet sayının, aynı evren üzerinde bazı kümelerde bir x elemanı için çeşitli üyelik dereceleri ile temsil edilebilmektedir. Bu yüzden Zadeh tarafından “üyelik dereceleri” içinde bulunduran bu evrenindeki kümeler, bulanık kümeler olarak adlandırılmıştır.

Literatürde kullanılan çeşitli üyelik fonksiyonu türleri bulunmaktadır. Bunlar çoğunlukla görsel olarak algılandıkları şeylere benzetilerek isimlendirilirler: üçgen, yamuk, tekil, sigmodial, s-tipli, z-tipli, Gaussian, genel çan gibi. Literatürde modellemelerde sıklıkla üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gaussian ve sigmoid türleri kullanılır. “A” bulanık kümesi için üçgen ve yamuk tipli üyelik fonksiyonlarının hesaplanması Şekil 2’ de gösterilmiştir.



$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{if } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{if } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{if } x \geq c \end{cases} \quad (2)$$



$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{if } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{if } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{if } c \leq x \leq d \\ 0, & \text{if } d \leq x \end{cases} \quad (3)$$

Şekil 2 Üçgen ve Yamuk Üyelik Fonksiyonları

Bulanık kümeler ile ilgili yapılan çalışmalarda her bir elemana matematiksel olarak, kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atanır. Atanan değer; ilgili elemanın ilgili bulanık küme içindeki üyelik derecesini gösterir, bu işlem yapıldıktan sonra artık bulanıklaşma gerçekleşmiştir. Hesap sonunda elde edilen sayılar artık bulanık değerdir ancak temsil ettikleri şeyler bulanıktır.

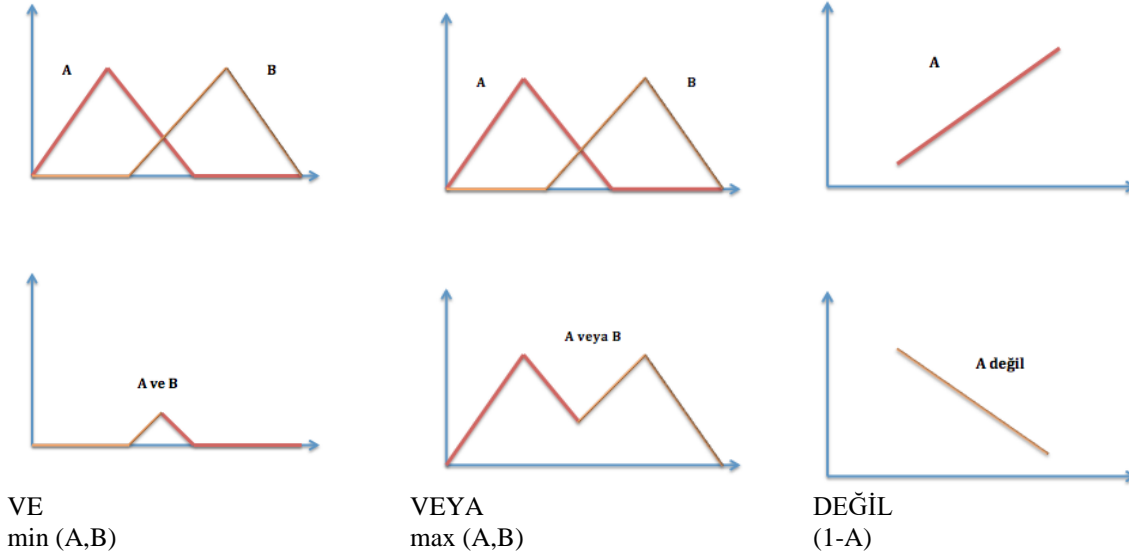
3.3 Bulanık Çıkarım Sistemi (Bulanık Model)

Genel olarak Bulanık Sistemler; mevcut verilerden seçilen girdi değişkenlerinden çıktı değişkenlerinin elde edilmesini sağlamak amacıyla bulanık küme ilkelerini kullanan/faydalanan sistemlerdir. Bulanık sistemlerin en büyük avantajı; insan deneyimlerini ve sözel/dilsel ifadelerini bulanık modele katılması ile çözüme ulaşmasıdır. Bulanık model-Bulanık Çıkarım Sistemi (BÇS: Fuzzy Inference System-FIS); bulanık “Eğer-İse” kuralları adı verilen bulanık kurallara dayanan bir sistemdir. Bulanık modelin temeli, bulanık “Eğer-İse” kuralları ile ifade edildiği üzere öncül ve soncul kısımlardan oluşmaktadır. Öncül kısımda sonuca sebep olan giriş değişkenleri ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler, soncul kısımda ise bu giriş değişkenlerine bağlı olarak ortaya çıkan sonuç değişkenleri yer almaktadır. Bu duruma örnek olarak; “ $a \Rightarrow b$ ” şeklindeki bir matematiksel anlam ilişkisi, dilsel terimlerle şu şekilde ifade edilir; “Eğer, a doğru İse b’de doğrudur”. Bu durum; hem klasik, hem de bulanık mantık için geçerlidir(Chen ve Pham 2001).

BÇS, “Eğer-İse” kurallarında belirtilen bilgiler üzerinden tanımlanmamış birçok veriye dayalı karar verme sürecinin davranışını tahmin etmek için uygulanır. BÇS' nin diğer yöntemlere göre en büyük avantajı, temel fiziksel süreçler hakkında derinlemesine bilgiler gerektirmemesi ve istememesidir. Şekil 3’ te gösterildiği üzere bir bulanık çıkarım süreci, “Eğer-İse” ile ifade edilen, mantıksal bağlantı işlemlerini (“ve”, “veya”, “değil”) ve toplama operatörlerinden (“min”, “max”) faydalanarak bulanık çıktı için bulanık değerleri birleştirmek olarak adlandırılabilir.

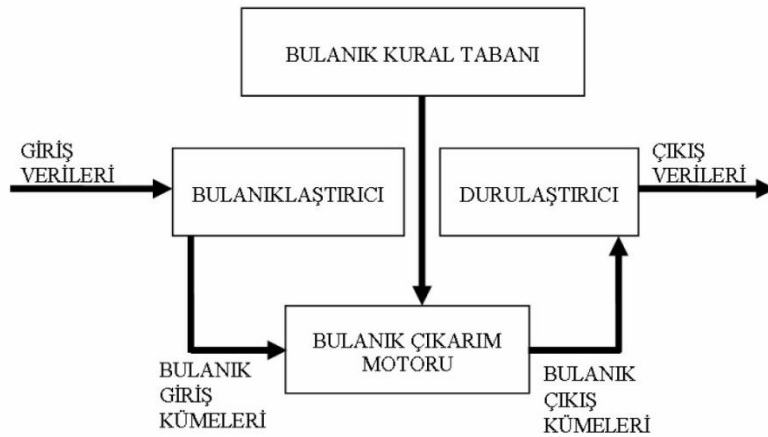
Bulanık mantığın klasik kümelerden en büyük farkı; bir elemanın bir kümeye ait olup olması konusundaki yanıtının klasik kümelerden farklı olarak “Evet/Hayır” gibi kesin olmamasıdır. Bu durum; elemanın ilgili kümeye ait olma durumunu/olasılığını $[0, 1]$ aralığında değerler olarak, sürekli bir üyelik durumu/fonksiyonu olarak ifade edilmesidir. Elemanın üyelik fonksiyonundan aldığı değer, üyelik derecesi olarak ifade edilir. Bulanık küme teorisinde; elemanın üyelik derecesinin 0 ile 1 arasında değerler alması, sözel/dilsel ifadelerin, problemin çözümü sırasında sayısal verilerle birlikte kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Sözel/dilsel ifadelerin bulanık modellere katılması durumu; bulanık mantığı diğer çözüm yöntemlerinden farklılaşmakta, bir adım öne çıkarmaktadır.

Bulanık mantıksal işlemleri Şekil 3’de gösterilmiş olup bulanık mantık işlemlerinde; “ve” ifadesi minimum fonksiyonu, “veya” ifadesi maksimum fonksiyonunu ifade edilmektedir. Şekil 3’de gösterildiği üzere; “A ve B” ifadesi $\min(A, B)$ ’yi, “A veya B” ifadesi $\max(A, B)$ ’ye, “değil” ifadesi A ’yı (kümesini) “1-A” olarak tanımlamaktadır (Wang 2015).



Şekil 3 Bulanık Mantıksal İşlemler (Wang 2015)

Literatürde problem çözümlerinde pek çok BÇS türleri kullanılmaktadır. Bazıları probleme özgü özel amaçlar doğrultusunda geliştirilmiş, bazıları endüstride kullanılan pek çok sisteme entegre edilmiştir. Genel olarak üç tip bulanık çıkarım sistemi kullanılmaktadır. Bunlar; Mamdani, Sugeno (Takagi-Sugeno-Kang) ve Tsukamoto' dur. Bunlar içinde en yaygın olarak kullanılanlar; Mamdani ve Takagi-Sugeno tipi bulanık modellemelerdir. Söz konusu sistemler, iki kısma ayrılır. Birinci kısım (giriş değişkenlerinin kesin değerlerinin uygun bulanık kümelerle göre üyelik değerlerine dönüştürüldüğü/atandığı kısım) üç yöntemde de aynıdır. Wang (2015) tarafından da ifade edildiği üzere; sonuçta tüm dilsel/sözel ifadeler, çıktı için tekil kesin değere dönüştüğünden ikinci kısımda farklılıklar doğmaktadır/oluşmaktadır. Genel bir bulanık model sisteminin yapısı Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4 Bulanık Çıkarım Sisteminin Genel Yapısı

Şekil 4' te Bulanık Çıkarım Sisteminin Genel Yapısında yer alan:

- Bulanıklaştırıcı: Sayısal girdi değerlerini sözel/dilsel ifadeyi bulanık kümelerdeki üyelik değerlerine dönüştüren bir işlemcidir.
- Bulanık Çıkarım Motoru Birimi: Bulanık kural tabanında giriş verileri/bulanık kümeleri ile çıkış verileri/bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan birimdir. Bulanık çıktılarının hesaplanması için bulanık girdilerin kombinasyonunu ve nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.

- Bulanık Kural Tabanı Birimi: Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal “Eğer-İse” türünde yazılabilen; giriş verileri/bulanık kümeleri ile çıkış verileri/bulanık kümeleri arasındaki kuralların tümünü içerir. Her bir kural girdi verileri/bulanık kümeleri ile çıktı verileri/bulanık kümeleri arasında mantıksal bir bağ kurar.
- Durulaştırıcı: Bulanık çıktının tekrar kesin değere dönüştürülmesini (keskin sayısal çıkış değerlerine dönüştürülmesini) sağlar.
- Genel Bilgi Tabanı Birimi: İncelenen durumun etkilendiği girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içermektedir. Bilgiler; sayısal/sözel/dilsel olabilir.
- Çıktı Birimi: Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru vasıtası ile etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değerlerine denir.

3.4 Mamdani Tipi BÇS: Bulanık Modellemenin Esasları

Mamdani tipi bulanık model; insan davranışlarına ve dilsel ifadelere çok uygun olduğundan ve çok kolay oluşturulduğundan; literatürde çok sık kullanılır. Bulanık küme teorisi ile inşa edilmiş olan ilk kontrol sistemidir. Ayrıca diğer bulanık mantık modellerin temelini oluşturur. Mamdani tarafından 1975 yılında; deneyimli insan operatörlerinden elde edilen dilsel kontrol kurallarını inceleyerek buhar motoru ile kazan kombinasyonunu kontrol etmeyi başarmıştır.

Mamdani çalışmasında Zadeh’in 1973 yılındaki karmaşık sistemler ve karar süreci için bulanık algoritmalar konusundaki çalışmasını/makalesini dikkate almıştır. Mamdani tipi bulanık modelde hem girdi değişkenleri, hem de çıktı değişkeni kapalı formdaki üyelik fonksiyonları ile ifade edilirler.

$$\mu_R(x,y) = \min [\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{E}}(y)] \quad (4)$$

Denklem (4); Mamdani önermesi olarak adlandırılmaktadır. Önermede, $R = \tilde{A} \times \tilde{E}$ boyutlu bulanık \tilde{A} ve bulanık \tilde{E} kümelerinin bulanık Kartezyen kümesini ifade eder. Mamdani tipi bulanık modelde; “Eğer-İse” kuralının sonucu bir bulanık kümeyle ifade edilir. (Ayrıca uzman bilgisinden faydalanmaktadır.) Her bir kuralın bulanık çıktı kümesi, sistemde eşleşen bir sayı ile yeniden şekillenmektedir, bu şekillendirme sonucunda elde edilen bulanık kümelerin tamamı toplanıp, sonrasında durulaştırılmak zorundadır (Wang 2015).

Literatürü incelediğimizde bulanık sistemlerin birçok alana yayılmış olup konuyla ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak uygulamalarda Mamdani tipi BÇS diğer tüm yöntemlere göre daha çok kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı çalışmada Mamdani-tipi BÇS kullanılmıştır. 1965 yılında ilk Zadeh ile başlayan bulanık mantık/yöntemler sonradan bu yöntem kullanılarak literatürde birçok disiplin alanında (bulanık mantıkla) çalışma yapılmıştır (Chan vd 2007; Buckley 1985; 2003; Chang 1996; Chen vd 1992; 2001; Chou 2001; Klir 1995; Kaufmann vd 1988; Bender 2000; Kumar vd 2016; Shukla 2014; Van Laarhoven vd 1983; Wang 2015; İncekara 2019b).

Yöntemde enerji sektöründe çalışan yöneticilerle yapılan görüşmeler sonrasında yapılan anket çalışması ile gerçekleştirilmiştir. Enerji sektöründeki beklentileri değerlendirmeye yönelik bir ÇKKV problemi üzerinde Bulanık çok amaçlı programlama methodu ile bir matematiksel model geliştirilerek değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında çalışmada kullanılan kriterler ve alt kriterlerinin ve ağırlıklarının (AB ve ETKB enerji politikaları/hedefleri/direktifleri/programları, rekabet ilkeleri, enerji verimliliği hedefleri/politikaları, yerli ve milli kullanım oranı/programları/teşviği, AB ve ülkemizin Kyoto Protokolü ile Paris Anlaşmasındaki taahhütlerimiz, ülkemizin 2023 yılındaki enerji hedefleri dikkate alınarak) belirlenmesi için enerji sektöründe çalışan uzman, müdür, yönetici 41 kişi ile (KV) görüşülmüştür. Çalışmada enerji sektöründe çalışan yöneticiler/karar vericilerle yapılan görüşmeler neticesinde kriterler ve alt kriterler oluşturulmuştur. Sonrasında oluşturulan kriterler ve alt kriterlerin değerlendirilmesi için araştırmayı temsil edebilecek şekilde enerji sektöründe çalışan karar vericilerden/yöneticiler (41 kişi) anketi dilsel değişkenler vasıtasıyla (5’li) değerlendirmiştir. Çalışmada MATLAB (fuzzy logic toolbox) paket programı ile literatürde pek çok çalışmada kullanılan Mamdani metodu (Mamdani ve Assilian, 1975) (Mamdani tipi bulanık kurallar: if-then rules) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Mamdani tipi BÇS’nin kuralları denklem (5) te verilmiştir.

$$R_i: \text{Eğer } (x_1 = A_{i1}) \text{ ve...ve } (x_k = A_{ik}) \text{ ise } (y = C_i) \quad i = 1, 2, \dots, PS \quad (5)$$

Çizelge 1 Dilsel Terimler, Karşılık gelen Bulanık Sayılar ve Keskin Değerleri

Dilsel Terimler (Linguistic term)	Bulanık Sayılar (Fuzzy number)	Keskin Değerler (Crisp value)
Çok Düşük (VL)	(0,0,0,0.3)	0.075
Düşük (L)	(0,0.3,0.3,0.5)	0.275
Orta (M)	(0.2,0.5,0.5,0.8)	0.500
Yüksek (H)	(0.5,0.7,0.7,1)	0.725
Çok Yüksek (VH)	(0.7,1,1,1)	0.925

Çalışmada AB ve ETKB enerji politikaları/hedefleri/direktifleri/programları, rekabet ilkeleri, enerji verimliliği hedefleri/politikaları, yerli ve milli kullanım oranı/programları/teşviği, Kyoto Protokolü ile Paris Anlaşmasındaki taahhütlerimiz, ülkemizin 2023 yılındaki enerji hedefleri çerçevesinde; yeni bir bulanık çok amaçlı programlama methodu ile bir matematiksel model geliştirilerek, ETKB' nin 2023 yılı enerji hedefleri/kısıtları altında; ülkemizin 2035 yılı enerji senaryosu hesaplanmıştır. Bu çalışmada, ülkemizin 2035 yılı enerji senaryosu KV'ler vasıtasıyla dilsel ifadeler (Çizelge 1) ile değerlendirilmesi, Mamdani tipi BÇS ile gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümelerinin normal üyelik fonksiyonu %95 güven aralığı içerisinde istatistiksel olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama bulanıklaştırma ile sonuçlandırılmıştır. Gerekli hesaplamaların yapılması ve modelin kurularak uygulanmasında MATLAB paket programı kullanılmıştır. Matematiksel modelin sonucu elde edilen 2035 yılında ülkemizde üretilen elektrik miktarının kaynaklara göre dağılımı Çizelge 2.' de sunulmuştur. Çizelge 2'de çıkan sonuç ülkemizde 2035 yılında %46,8 ile doğalgaz ağırlıklı (KV'lerin görüşü/değerlendirmesi doğrultusunda söz konusu senaryo ortaya çıkmıştır) bir senaryo öngörülmüştür.

Çizelge 2 Türkiye'nin 2035 yılı enerji kaynaklarına göre elektrik üretim miktarları

Kaynak	Elektrik üretim miktarları (GWh)
İthal Kömürü	4.175
Taş Kömürü	11.000
Linyit	25.950
Asfaltit ve Bitümlü Şist	4.860
Doğalgaz	319.755
Hidrolik	126.350
Rüzgar	101.000
Jeotermal	15.200
Biyokütle	1.790
Güneş	1.280
Nükleer	72.000

4 Sonuç

Avrupa Birliği, enerji alanında dünyanın en önemli pazarlarından biridir ve ülkemizin en önemli komşusudur. AB içinde tüketilen enerjinin (talep) yarısı üçüncü ülkelerden ithal edilmektedir. Avrupa'nın enerji tüketimi arttıkça enerjide dışa bağımlılığı artmaktadır. 2017 yılında AB'de tüketilen petrolün %77'i ithal edilerek ilk sırada yer almıştır, ikinci sırada %36 ile doğal gaz yer almaktadır. AB' nin enerji hedefi -ilk aşamada-2020 yılına kadar; tükettiği enerjisinin en az yüzde 20' sini yenilenebilir kaynaklardan ve temiz enerji kaynağı olan doğal gazdan elde etmeyi hedeflemektedir.

AB her ne kadar son yıllarda rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya yönelik çalışmalar, programlar yürütsede, en temiz fosil yakıt olan doğal gazın, AB' de gittikçe artan bir şekilde elektrik üretiminde kullanımı ve ilgili yatırımlarının artması nedeniyle, 2035 yılında da AB'de kullanılan

mevcut enerji kaynakları arasında artan bir öneme sahip olacağı ve AB' nin 2035 yılında en büyük doğal gaz ithalatçı konumunu sürdürmesi beklenmektedir.

AB doğalgazını hâlihazırda çeşitli kaynaklardan sağlamakta olup, bunların başında Rusya ve Norveç ağırlıklı olmak üzere Kuzey Denizi fosil kaynakları gelmektedir. Bunun dışında Cezayir ve Libya'dan doğal gaz ithalatı yapmaktadır. Avrupa'nın, özellikle coğrafi olarak Rusya'ya yakın bölgeleri (Doğu Avrupa), enerji ihtiyacının üçte birinden fazlasını doğalgazdan sağlamaktadır ve Doğu Avrupa ülkelerinin hemen hemen tamamı Rus doğalgazına ciddi anlamda bağımlıdır.

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu) tarafında yapılan bir projeksiyonda AB'nin doğalgaz ihtiyacının 2035 yılında günümüze oranla %70-80 artması beklenmektedir. AB' de petrol ve doğalgaz rezervleri sınırlıdır ve ihtiyacının büyük bölümünü ithal ederek karşılamaktadır. AB enerji arz güvenliğini sağlamak ve çeşitlendirmek amacıyla üçüncü ülkeler ile uluslararası enerji işbirliğini güçlendirmek adına bazı enerji anlaşmaları imzalamaktadır. AB enerji arz çeşitliliğini ve güvenliğini sağlamak, "20-20-20" enerji hedefini gerçekleştirmek için (bunlar: enerji verimliliği, fosil yakıtların temiz kullanımı ve yenilenebilir kaynaklarla işletilen kojenerasyonun teşviki vb) çeşitli enerji programları geliştirmektedir, ayrıca son yıllarda Trans-Avrupa Enerji Ağı çerçevesinde birçok strateji ve projeler geliştirilmektedir. Ülkemiz AB' nin söz konusu projelerinde yer alarak çalışmada ortaya çıkan ülkemizin 2035 yılı enerji senaryosunda hesaplanan %46,8 doğal gaz kullanımı için gerekli yatırımlarını AB' nin söz konusu teşvikleri/programları vasıtasıyla gerçekleştirmesi durumunda; enerji yatırımlarını daha ucuza mal ederek, ülkemizin ihtiyacı olan enerji yatırımlarını daha ucuza elde etmiş olacaktır.

Ülkemiz 2035 yılı enerji hedeflerinde; 2023 enerji hedefleri doğrultusunda fosil kaynaklarının ithal etmemiz ve fiyatlarının pahalı olması sebebiyle yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları ağırlı bir enerji senaryosu üzerinden enerji yatırımlarını gerçekleştirmeyi planlasa da; çalışmada enerji uzmanları tarafından ülkemizin enerji planlaması kriterleri üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmada AB ve ETKB enerji politikaları/hedefleri/direktifleri/programları, rekabet ilkeleri, enerji verimliliği hedefleri/politikaları, yerli ve milli kullanım oranı/programları/teşviği, Kyoto Protokolü ile Paris Anlaşmasındaki taahhütlerimiz, ülkemizin 2023 yılındaki enerji hedefleri çerçevesinde; yeni bir bulanık çok amaçlı programlama methodu ile bir matematiksel model geliştirilmiş, ETKB' nin 2023 yılı enerji hedefleri/kısıtları altında; ülkemizin 2035 yılı enerji senaryosu hesaplanmıştır. Bu çalışmada, ülkemizin 2035 yılı enerji senaryosu KV'ler vasıtasıyla dilsel ifadeler (Çizelge 1) ile değerlendirmesi, Mamdani tipi BÇS ile gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümelerinin normal üyelik fonksiyonu %95 güven aralığı içerisinde istatistiksel olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama bulanıklaştırma ile sonuçlandırılmıştır. Gerekli hesaplamaların yapılması ve modelin kurularak uygulanmasında MATLAB paket programı kullanılmıştır. Matematiksel modelin sonucu elde edilen 2035 yılında ülkemizde üretilen elektrik miktarının kaynaklara göre dağılımı Çizelge 2.' de sunulmuştur. Yapılan analiz sonucu yenilenebilir olmayan doğal gazın ağırlıklı (%46,8) bir enerji planlaması/durumu/senaryosu ağırlık kazanmıştır. Senaryoda yenilenebilir enerji kaynağı kullanma oranı ise %35,94' tür. Yenilenebilir kaynaklar içinde %18,49 ile hidrolik santraller ilk sırada, %14,78 ile rüzgar santralleri ikinci sırada yer almaktadır.

Türkiye'nin enerji tüketiminin yarısından fazlasını ithalata dayalı petrol ve doğal gaza dayalı fosil kaynaklardan karşılamasından dolayı, bu durum ülkemiz ekonomisi üzerinde ağır bir yük oluşturmaktadır. Santral işletme ve maliyetleri açısından ülkemizdeki kömüre dayalı eski termik santraller verimliliğini kaybettiği için yeni enerji santrallerinin (özellikle yerli kaynaklarımızı kullanan) yapılması gereklidir. Ülkemiz AB'ne uyumlu enerji politikalarını oluşturarak/geliştirerek enerji santral çeşitliliğini ve verimliliğini artırması son derece önemlidir. Türkiye enerji konusunda AB için kilit role sahip, önemli bir enerji üreticisi ve stratejik/transit ülke konumundadır. Türkiye'nin stratejik konumu ülkemizi; Avrupa'ya elektrik, petrol ve doğal gaz taşınması için önemli bir transit ülke haline getirmektedir.

Çalışma sonucu ortaya çıkan enerji senaryosuna paralel olarak; ülkemiz dünyada ispatlanan doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %71 ile ispatlanmış petrol rezervlerinin %72'sinin bulunduğu (Pamir, 2006) ülkelerin geçiş alanında yer aldığından ülkemiz AB ile ortak Hazar, Ortadoğu ve doğu Akdeniz'deki hidrokarbon projelerini hayata geçirerek, jeostratejik konumu sayesinde, hem kendi hem de AB' nin enerji arz güvenliğini sağlayan güçlü bir transit ülke olacak, hem de bu sayede kendi ihtiyacı olan enerjiyi ucuza mal edecektir. AB'nin arz güvenliğine ve kaynak çeşitlendirmesine katkı sağlayarak Avrupa' nın güçlü bir 4. Enerji koridoru olacaktır.

Ülkemiz Türkiye-Yunanistan doğal gaz enterkoneksiyonu, Bakü-Tiflis-Ceyhan, Kerkük-Yumurtalık petrol boru hatları gibi büyük çaplı uluslararası projeleri hayata geçirmiş olup çalışmada ortaya çıkan senaryo/durum kapsamında TANAP (Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı), Türk Akım (Phase-II), Bakü-Tiflis-Erzurum doğal gaz boru hattı (Phase-II), Irak doğal gaz boru hattı, Doğu Akdeniz doğal gaz boru hattı, Samsun-Ceyhan petrol boru hattı gibi uluslararası projeleri gerçekleştirmek için gerekli çalışmaları ivedilikle sonuçlandırmalıdır/tamamlamalıdır. Türkiye'nin dâhil olduğu doğal gaz ve elektrik iletim ve transit projeleri hızla tamamlanması ile ülkemiz AB ile entegrasyonu kolay bir şekilde sağlayacaktır. Bu sayede ülkemiz AB'nin 4. Enerji koridoru olarak arz güvenliğine ve kaynak çeşitlendirmesine katkı sağlayacaktır. Böylece ülkemiz AB müzakerelerinde güçlü bir yere/konuma sahip olacaktır.

Kaynaklar

- Avrupa Komisyonu (2008) 20 20 by 2020 Europe's Climate Change Opportunity. COM(2008), Brüksel
 Avrupa Komisyonu (2015) An Energy Policy for Europe, Brüksel
 BOTAŞ, Yıllık Faaliyet Raporu (2016): 33-46
 Buckley JJ (1985) Fuzzy Hierarchical Analysis, Fuzzy Sets and Systems 17: 233-247
 Buckley JJ (2003) Fuzzy Probabilities, New Approach and Applications. Physica Verlag, New York
 Bender M, Simonovic S (2000) A Fuzzy Compromise Approach to Water Resource Systems Planning under Uncertainty. Fuzzy Sets and Systems 115:33-44
 Chan FTS, Kumar N (2007) Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-based Approach. Omega International Journal of Management Science 35:417-431
 Chen SJ, Hwang CL (1992) Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. Berlin Heidelberg: Springer
 Chen G, Pham TT (2001) Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems. CRC Press, USA
 Chou TY, Liang GS (2001) Application of a Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for Shipping Company Performance Evaluation. Maritime Policy and Management 28(4):375-392
 Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2009) Elektrik Enerjisi Piyasası Arz Güvenliği Strateji Belgesi
 Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2010) Enerji Raporu,78-91
 Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2018) Enerji Raporu, 31-76
 Energy Atlas (2018) 81-94
 European Commission, (2017) European Energy and Transport: Trends to 2030
 European Commission, (2003) Energy. <http://www.europa.eu.int/comm/energy>
 European Commission, (2006) Transport. <http://www.europa.eu.int/comm/transport>
 European Union-EU- Directive (2012)
 European Environment Agency. Energy and Environment in the European Union, (2018)
 International Energy Agency-IEA (2013)
 İncekara ÇÖ (2019a) Use of an Optimization Model for Optimization of Turkey's Energy Management by inclusion of Renewable Energy Sources. International Journal of Environmental Science and Technology. Springer 121-133
 İncekara ÇÖ (2019b) Turkey's Energy Management Plan by using Fuzzy Modeling Approach. Scholars' Press, Book, 38-52
 İncekara ÇÖ (2017) Türkiye'nin Sürdürülebilir Stratejik Enerji Politikalarının Oluşturulması için Optimizasyon Modellerinin Geliştirilmesi ve Uygulama Adımları. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana
 İncekara CO, Oğulata SN (2017) Turkey's energy planning considering global environmental concerns. Ecological Engineering. Elsevier 589-595
 İncekara ÇÖ (2013) Turkey's Energy Strategies. SOSBİLKO 2013
 İncekara ÇÖ (2011) Enerji Darboğazında Ülkemizin Alternatif Enerji Kaynakları. SOSBİLKO 2011
 İncekara ÇÖ (2010) Türkiye'nin Enerji Darboğazında Yeni Enerji Kaynakları Arayışı. YEBKO 2010
 İncekara ÇÖ, Oğulata SN (2010) Dünya Enerji Sektöründe Türkiye'nin Enerji Planlamasının Rolü. 10. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Program, UAS 2010, Girne, KKTC
 İncekara, ÇÖ, Oğulata SN (2010) Dünya'nın ve Türkiye'nin Enerji Senaryoları. YAEM 2010, Sabancı Üniversitesi
 Klir GJ & BY (1995) Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications. Prentice Hall PTR, New Jersey
 Kaufmann A, Gupta MM (1988) Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science. Elsevier Science Publishers B.V., North Holland

- Kumar Sahu A, Datta S, Mahapatra SS (2016) Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment. *Benchmarking: An International Journal* 23(3):651-673
- Mamdani EH, Assilian S (1975) An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. *International Journal Management Machine Studies* 7(1):1-13
- Math W (2014) *Fuzzy Logic Toolbox. User's Guide R2014*, The Mathworks Inc. Natick- United States
- Pamir AN (2006) Dünya'da ve Türkiye'de enerji. Türkiye'nin enerji kaynakları ve enerji politikaları
- Ross TJ (2010) *Fuzzy Logic With Engineering Applications*(Third Edition). John Wiley&Sons Ltd
- Shukla AK (2014) Interpretability Assessment in Fuzzy Rule Based Systems. *International Journal of Scientific & engineering Research* 5(7): 506-509
- Şen Z (2009) *Bulanık Mantık İlkeleri Ve Modelleme*. Su Vakfı, İstanbul
- The Center for European Policy Studies-CEPS (2017) <http://www.ceps.be>
- Van Laarhoven PJM, Pedrycz, W (1983) A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems* 11: 229-241
- Wang C (2015) *A Study Of Membership Functions On Mamdani-Type Fuzzy Inference System For Industrial Decision-Making*. PhD Theses And Dissertations. Lehigh University (Paper:1665)
- Zadeh LA (1965) Fuzzy Algorithms. *Information and Control* 12(2):94-102
- Zarte M, Pechmann A, Nunes IL (2018) Sustainable Evaluation Of Production Programs Using A FuzzyInference Model–A Concept. *Procedia CIRP* 73: 241-246
- Zimmermann HJ(1993) *Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems*. Boston: Kluwer Academic Publishers 102-135



Journal of Turkish Operations Management

A study of sustainable facility management from a green supply chain perspective in the united arab emirates

Steven D. Formaneck

Department of Marketing and Information Systems, American University of Sharjah, Sharjah, United Arab Emirates, sformaneck@aus.edu 0000-0002-6962-6859

Article info

Article History:

Received: 05.07.2019

Revised: 18.11.2019

Accepted: 12.12.2019

Keywords:

Green Supply Chain Management,
Sustainable Facility Management,
United Arab Emirates,
Facility Management, Sustainability

Abstract

The paper investigates how Sustainable Facility Management (SFM) can be integrated with Green Supply Chain Management (GSCM) initiatives and its application in the innovative sustainable business environment of the United Arab Emirates (UAE) in compliance with the UAE National 2030 agenda for sustainable development. To ensure the integration among the three pillars of sustainability: environmental, economic, and social vision, the UAE National Innovation Strategy is intending to brand the UAE as one of the most innovative nations in the world. Considering these initiatives and the concepts of Facility Management (FM), this research first examines the role of GSCM in adopting environmentally friendly approaches, and then explores the role FM plays in the context of GSCM. The study concludes by investigating how both concepts could be further extended in accordance with the UAE's vision of 2030 toward sustainable development using a qualitative benchmarking analysis. The analysis makes use of primarily European and North American best practices from the current literature. From the benchmarking exercise, an extended list of proposed initiatives is recommended with future implications also discussed.

1 Introduction

Over the past few decades, organizations have evolved and business processes have become more complex and integrated. The way managers used to operate has changed dramatically in part due to the way business has become less labor-intensive and more dependent on technology. The old approaches to performing daily tasks manually are becoming more obsolete. On the other hand, personal computers and smart mobile devices have automated more of the work. Moreover, the office walls are increasingly being replaced with open-plan layouts. Layers of management are being removed and managers are becoming their own administrative assistants, scheduling their meetings and planning their agenda themselves using electronic applications. The world is demanding everything faster and employees have remote communication through mobile devices, making their work hours extend past the traditional work day. As a result, businesses are more dynamic as means of communication have become accessible to everyone on all levels. This technology revolution has created a need for smart facilities that host such dynamic activities and provide a safe, secure, and productive environment that contributes to a firm's success. Eventually, as businesses' technological infrastructure has become more of a necessity in order to be competitive, employees are being replaced by machines to further facilitate efficiency, thus reducing operating costs and running more efficient and sustainable properties.

With the advent of the internet of things, there is a greater probability that the infrastructure needs of businesses will be radically redefined, including normal work hours being replaced by always-on as well as the elimination of physical offices for some employees. This leads into virtual offices and cloud hubs redefining the work environment. Furthermore, future office buildings will be greener and run more efficiently by utilizing cleaner energy (wind and solar energy solutions for example) where businesses and communities will collaborate toward advanced sustainable environment solutions provided by professional suppliers. In addition to this, there is a growing need for Facilities

Management (FM) solutions that provide energy plans and cost reductions across business environments. These solutions will make use of new technologies that will drive the development of new models for businesses to outsource their real estate needs. Hence, this development will allow the intelligent aggregation of business solutions, data optimizing and visibility of total operating costs in order to minimize total costs. To assist organizations with such a strategic shift and combining a vast scope of services with innovative IT and consultative FM, various innovate opportunities can be created (EuroFM, 2009).

FM is often an unseen industry that operates in the background to ensure buildings and services operate safely and effectively. This allows employees to do their work without having to worry about how their business facility functions promptly, productively, and in a safe environment. Millions of people work within the facilities management industry to ensure buildings are maintained efficiently. There are some tasks required to be performed, for instance FM managers need to ensure the lights work properly, air-conditioning is comfortable, workspaces are clean, waste is collected, and security keeps the premises safe. However, sometimes the users of these services take the industry for granted and fail to notice how everything is working efficiently and safely. Of course, this process of efficiency requires specific managerial skills, and this is where FM managers play a pivotal role. These managers are responsible for the training of their workers while they also have to maintain tight coordination amongst the subcontractors to facilitate adequate service delivery to their clients.

2 Purpose

The purpose of this research is to relate modern Sustainable Facility Management (SFM) tactics as a sub-discipline of Green Supply Chain Management (GSCM) within the UAE. How these disciplines are implemented determines to what level the UAE government's 2030 agenda is being met, which is primarily based upon the United Nation's 17 goals of sustainable development.

The research explores how SFM & GSCM comply with Dubai Expo 2020, the UAE's government vision of 2021, and the 2030 Agenda that fulfills one of the UN's 17 goals of sustainable development. Consequentially, this research first explores how supply chain management principles can aid in adopting an environmentally friendly approach toward green principles and continues with exploring the role SFM plays in the context of the GSCM. The research concludes by investigating how both of these concepts can be applicable in compliance with the UAE's vision of 2021 and 2030 Agenda goals of building sustainable cities and communities.

The topic for this research was chosen based on the fact that sustainability is one of the major challenges that threatens our modern way of living and contributes to the UN initiative of sustainable development that is intended to make the world a better place. Additionally, the UAE infrastructure and various facility developments are being accelerated to meet the challenge of hosting the Dubai Expo 2020 as well as meeting the UAE vision of 2021 and the 2030 Agenda for building sustainable cities and communities in the region. This research adopts a qualitative approach to build a case study using secondary information from literature on recent developments in the field of study. Since SFM is a relatively recent field of study, and because in particular there is lack of literature in the gulf region, this is an important topic to study.

3 Methodology

Benchmarking was used to critically analyze the UAE's 2030 Agenda and to provide insights into further recommended enhancements to the country's current performance in regards to FSM and GSCM. By benchmarking against current best practices that have been implemented or proposed within other countries, it allows for direct comparisons that can determine how much more the UAE could theoretically achieve in regards to its current agenda. Benchmarking also allows the ability to think beyond these current best practices in order to become a leader in the implementation of new best practices in these fields.

In order to achieve the purpose of the paper, a three-step process was implemented for the qualitative benchmarking study. First, a thorough literature review was conducted in the areas of SFM and GSCM. Next, a review and analysis of the current state of SFM and GSCM practices within the UAE was performed in regards to the country's mission in accomplishing the UAE 2030 Agenda. Finally, a qualitative benchmarking analysis was conducted based on the best

practices of current research findings in various related fields of interest, including design management, green supply chain management, facility management, resource management, and sustainable refurbishment (see Achillas 2019; Atkin & Brooks 2015; International Water Association, 2013; Meng 2014; Samar Ali Kaur, & Marmolejo, 2019; Shah 2012; Wison 2015; Yao 2013). The result is an extensive list of recommendations for future enhancement of SFM and GSCM within the UAE that could be further extended to other GCC countries as well as globally.

4 Literature review

4.1 Green supply chain management

For the purposes of the research, the focus of the literature review is on the last two decades when supply chain management (SCM) was directed towards an environmentally friendly approach in order to reduce the carbon footprint. However, to understand how the literature has evolved, a brief overview of the historical development of operations and supply chain management leading into the current sustainability era is presented.

When humans averted from hunting to agriculture, the settlement of domestic communities and bordered kingdoms, raised the need to develop raw materials into consumable goods. However, the expanding of communities led to increases in demand that could not be satisfied by manual means. The need to have more cost-effective methods of production created a need for machinery, that led to the rise of automation and factories. Accordingly, the first Industrial Revolution started in Europe in the late 1700s and early 1800s. However, in North America, it did not start until the end of the Civil War in 1812. The uniting of the United States of America required sustainability through developing means of transportation, such as the railways, to connect the whole country and to allow the mobility of people and exchange of resources and goods. This development was the cornerstone of supply chain management. Supply chain management is essentially the managing and planning of the processes required to source, procure, and transform products and services. The management of the supporting logistics are also included in supply chain management. Additionally, supply chain management involves the collaboration and coordination needed among supply chain partners, which can include customers, service providers, suppliers and other intermediaries. Efficient integration of supply and demand among the supply chain members is another key aspect of successful supply chain management.

The second Industrial Revolution started in the early 20th century when Henry Ford mastered the moving assembly line, accompanied by mass production. The Third Industrial Revolution, digital manufacturing, is currently taking advantage of the rapid development of digital technology, cloud computing and the internet of things. The last decade witnessed a shift from traditional mass production to fully automated manufacturing facilities that employ robots more than humans. Absolute labor costs are being reduced and many industries are returning manufacturing to their home countries due to the cheap labor in developing countries becoming less of a driving cost factor. Raw materials are becoming lighter and stronger such as the carbon fiber that can be easily customized by new digital machine technology such as 3D printing. This technology does not require spacious factories to host large mechanical machines, which reduces the maintenance cost. As a result, firms are planning to make use of new digitalized applications, such as mobile applications and digitally controlled means of transportation such as drones, hyperloops, and self-driving trucks (The Economist 2012).

Jeremy Rifkin, an advisor to the European Union and the president of the Foundation on Economic Trends in Washington, D.C. argued the following:

“Today, Europe is laying the groundwork for the Third Industrial Revolution. The digitalized communication Internet is converging with a digitalized, renewable “Energy Internet” and a digitalized, automated “Transportation and Logistics Internet” to create a super “Internet of Things” infrastructure. In the Internet of Things era, sensors will be embedded into every device and appliance, allowing them to communicate with each other and Internet users, providing up-to-the-moment data on the managing, powering and moving of economic activity in a smart Digital Europe. Currently, billions of sensors are attached to resource flows, warehouses, road systems, factory production lines, the electricity transmission grid, offices, homes, stores and vehicles, continually monitoring their status and performance and feeding big data back to the Communication Internet, Energy Internet and Transportation and Logistics Internet. By 2030, it is estimated there will be more than 100 trillion sensors connecting the human and

natural environment in a global distributed intelligent network. For the first time in history, the entire human race can collaborate directly with one another, democratizing economic life” (Rifkin 2015).

The digital manufacturing revolution that rose in the last decade brought along concerns about the negative effect of the industry on the environment, such as carbon emission and the excessive use of natural resources. As a result, green and sustainable supply chain management practices have been developed by some dedicated academic researchers and industry leaders. This has resulted in a significant growth of knowledge with business applications aiming to incorporate environmental concerns into organizations and reducing the unintentional negative impact of its production on the environment.

GSCM has been described as “the integration of environmental, social, and economic criteria that allow an organization to achieve long- term economic viability to the logistics literature, and positioned sustainability within the broader rubric of SSCM” (Carter & Rogers 2008). This work presented a comprehensive evaluation of the sustainability literature, introduced sustainability to the field of supply chain management, and expanded the conceptualization of sustainability beyond the triple bottom line, “evaluating the firm against social, economic, and environmental criteria” (Rogers 2008). Seuring and Müller (2008) provided a conceptual framework for sustainable supply chain management using 191 papers published from 1994 to 2007 as the basis for contextualizing GSCM. Sarkis, Zhu, & Lai (2011) have further outlined most of the recent significant theories pertaining to GSCM.

The increased attention given to the topic of GSCM drove Chin, Tat, and Sulaiman (2015) to focus on environmental collaboration, which has been seen as a key relational component to facilitate GSCM strategic formulations into action.

Industry has also contributed to GSCM research. For example, Deloitte created a strategic process for green sourcing that complements traditional techniques in order save costs and improve their environmental sustainability numbers. They accomplished this through a six-step process involving critically analyzing their current operations, seeing where unsustainable resources are damaging their bottom line and overall sustainability, and then shift their strategic plan to include transitioning out of these risky areas. For example, Deloitte upgraded to energy-efficient lighting for their offices in order to reduce the need for electricity consumption which resulted in millions of dollars of annual savings. Thus, using these sorts of techniques can result in reducing costs, waste and overall use of common yet essential resources (Jacobs & Chase 2017).

In terms of waste reduction, there are several examples to draw upon. One such example is the redesign of something as simple as a milk jug (Nefedova 2013). By altering the dimensions of a jug, it can make for less water required for cleaning, less waste of spilled milk, and less space needed for packaging, storing, and transportation. These changes can result in reduction in the reduction of various resource requirements while simultaneously reducing costs to supplier and purchaser. These sorts of changes inevitably result in stronger relationships among supply chain partners.

4.2 Facility management

Facility Management is a challenge to define. The literature discusses various definitions as FM plays various functional roles in practice, and its application is significantly broad between the varoious domains. For instance, some suggest that the factors pertaining to the culture of the organization and various business needs form the basis for FM. However, others argue that it is significantly concerned with the services and maintenance activities conducted within the organization. Therefore, FM is largely seen as the operational and functional services that support the core activities of an organization. On the other hand, the literature expresses its link with resource management, suggesting that FM plays a pivotal role in contributing and aligning with the organization’s strategic directions (Waheed & Fernie 2009).

Typically, the British Institute of Facilities Management (BIFM) defines FM as follows: “Facilities management is the integration of processes within an organization to maintain and develop the agreed services which support and improve the effectiveness of its primary activities” (BIFM 2010).

Furthermore, some sources have extended the definition of FM by linking it to specific categories. For instance, FM has been concerned mainly as the integration of three main components of organizational activities that include:

- (1) Property management
- (2) Property operations and maintenance

(3) Offices administration

All these departments have one thing in common; they all support the core activities of the organization. However, they significantly differ with respect to the financial impact they create and the skills that are required to perform such activities. Consequently, these also greatly depend upon the culture and people of the organization itself.

Nevertheless, only recently has FM been recognized as a separate discipline and has emerged mainly due to changing organizational environments in which highly competitive firms are trying to provide the best product to their customers. This has paved the way for FM to offer significant aid in supporting more competitive work environments for organizations in terms of sustainability. Therefore, FM is often associated with managing the infrastructure of firms. Moreover, these organizations tend to have a continuous range of processes and activities operating on a daily basis. Consequently, the need for integrating the processes has been identified by practitioners of FM and the discipline has been successful in making processes more efficient than ever before (Kincaid 1994).

Markets today have become more dynamic and many countries are facing economic downturns. These circumstances create the need for organizations to be more proactive in their approach to enhance the efficiency of their management systems. It is evident from the literature that FM has significantly helped organizations reduce their costs and support the business process via applying coordination between their activities. For this purpose, it has been suggested that a coordinated model could facilitate organizations' processes. Furthermore, outsourcing could be one of the methods that could enhance coordination and provide better integration within the organization as outsourcing has also played a vital role in enabling organizations to reduce costs (Potkány 2015).

It is evident from the discussion above that the scope of FM is quite broad. But no matter in what context it is used, FM eventually leads to enhancing the environment of firms by focusing on improving employees' performance and minimizing the operating costs. For instance, International Facility Management Association (IFMA), a respected representative of the majority of world facility managers, defines FM as "a method whose task in organizations is to mutually harmonize employees, work activities and the work environment that includes principles of business administration, architecture and humanities and technical sciences" (Potkany, Vetrakova, & Babiakova 2015). Furthermore, this contribution of FM and FM management, leads towards sustainability. Sustainability and FM are seen as complementary, and both are relatively new concepts. In addition, their relationship could be substantiated by the fact that both significantly empower three basic domains: environmental, social, and economic sustainability. Moreover, economic and environmental concerns have made it mandatory for FM managers to adopt more sustainable approaches towards managing the businesses processes that could reduce waste and cost simultaneously for firms (ITU 2016).

Some arguments have been made that despite developments towards sustainability, the construction industry has not been able to eradicate wastes and reduce costs. Instead, the industry has been criticized heavily for its slower and more traditional processes, which have further harmed corporate social responsibilities (CSR). However, this is where FM, if combined with sustainability, can play a vital role not only to minimize the costs for the construction industry but also to enhance the environmental value and efficiency of the industry (Meng 2014).

4.3 Sustainable facility management

Before discussing the link of sustainability with FM, one should define sustainable development. One such definition is as follows: "a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (The International Institute for Sustainable Development (IISD)).

The reason why there is a need to incorporate FM with sustainability is due to the challenges that the changing environments and climate changes have presented. These challenges have further created the need for sustainable development and energy efficient applications to be adopted by organizations. Furthermore, most figures suggest that buildings contribute about 40 percent of the total energy consumption and one-third of greenhouse gas emissions in Europe while 80% of the impact on climate change is created during the operation phase of the buildings. The operating phase can not only affect energy consumption, but it also requires the use of renewable resources because it may lead to the inefficient use of food consumption, hence giving rise to poverty and disrupting the health of society. Moreover,

these factors have forced practitioners to focus on the built environment, making buildings and offices that are environmentally friendly and sustainable in nature. In relation to the built environment, green buildings have not only enhanced the satisfaction levels of the tenants, but have also significantly improved the productivity of the employees working within such green spaces. Therefore, this has enabled stakeholders such as property owners and building owners to adapt more sustainable practices in the context of the built environment. For instance, stakeholders are not only forced to use sustainable construction and building materials, but the focus has also shifted towards creating sustainable designs of the buildings. This is where sustainable facility management (SFM) can propose solutions for making the operation phase and maintenance of the buildings to be more sustainable and efficient than the traditional methods used previously (Hollander 2004).

Nevertheless, to benefit from both FM and sustainability, it is imperative to develop a system that could digitally automate and integrate the processes for the construction industry. Consequently, some research has suggested that co-creation of digital systems along with FM services would greatly enable on-site monitoring system to aid in minimizing cost and waste (Lavikka, Lehtinen, & Hall 2017).

On the other hand, the evolution of Information and Communication Technologies (ICT) can further benefit SFM to apply automation and integration in the business process. ICT has emerged rapidly over the past few decades while several advancements of the Internet-of-Things (IOT) have enabled ICTs to support and improve the digital economy. Eventually, enabling these technologies will add value to society by building less costly and more environmentally friendly work environments (ITU 2016).

Before applying SFM in the UAE, it is imperative to know the issues the region has been facing regarding sustainability. Therefore, the next section is focused on what role sustainability plays in the GCC and the UAE in particular.

5 Current findings of sustainability within in the UAE and the gulf region

The Gulf Cooperation Council (GCC) consists of six countries. Its member states are Bahrain, Kuwait, Oman, Qatar, Saudi Arabia, and the United Arab Emirates. All the other GCC countries have significant political and economic influence on the UAE. Sustainability has been one of the critical issues in the GCC over the past few decades. Reports suggests that all of the GCC countries are in the top 10 countries that are either less effective in sustainability or they have the highest consumption in the world. The report by the International Energy Agency suggested that these countries are amongst the highest energy consumers per capita in the world. The State of Qatar is at the top while Saudi Arabia and Oman are at the 11th and 15th places respectively. Furthermore, Bahrain holds the fifth position while Kuwait is sixth. The UAE is ranked ninth overall in the world. This means that all the GCC countries have been consuming resources such as water, energy, and food quite extensively compared to the rest of the world (Azar & Abdel Raouf 2017).

The report raised many concerns for the Gulf region and the UAE as well. The UAE has been focusing on reducing the consumption of these resources and in building sustainable cities that could enhance the economic growth and simultaneously reduce the greenhouse gas emissions in the region. The UAE leadership has set some clear goals and vision for the year 2030 that is discussed in the next section.

6 The UAE 2030 vision and sustainability goals

The vision of 2030 for the UAE expresses clear and identifiable goals towards the sustainable development of the region. The UAE leadership aims to reduce poverty and food consumption and to make sure that the educational needs are accessible to every citizen and resident in the country. To create a healthier lifestyle for future generations, the UAE leadership is focusing on developing sustainable architecture and infrastructure. One such example is the development of Masdar City in the Abu Dhabi Emirate. The objective of developing Masdar City is to build a city that can be the first sustainable city that can inspire other countries to follow the same methodology for urban development (Nader 2009). Moreover, the UAE has been focusing on implementing renewable energies, particularly solar power to reduce consumption. However, this has posed a significant challenge to develop architecture to support an eco-friendly city that could pave the way for other countries to adopt new path towards sustainable and urban development (Ibrahim,

2016). Therefore, the Emirate of Dubai has also adopted similar approaches in developing four sustainable cities and communities to further the testing of eco-friendly cities.

The project called Sustainable City has already been started in the community known as Dubailand. The project aims to build a township by planting 10,000 trees and organic house farms. It is expected to operate on solar power energy as the main source of electricity.

Desert Rose City is another sustainable mini city whose construction has been underway in the area of Al Ruwwaya. The city utilizes renewable energy and is required to produce its own energy. Already 10,000 units have been designated for expatriates and 20,000 units for Emiratis.

Dubai South District is the venue of EXPO 2020 which is to be hosted in Dubai. This city is expected to generate half of its energy on-location, while the rest will be generated from other renewable resources.

Dubai Silicon Oasis has been operating for several years, and was expected to reduce energy consumption by 30% according to the Dubai Integrated Energy Strategy 2030. The city has already been successful in surpassing this margin by reducing energy consumption by 31%. This has been primarily achieved by implementing some of the following sustainable technologies:

- Power consumption of lights
- Smart street lights
- Smart building technologies (UAE Government 2017)

It is evident from the discussion above that the UAE government understands the importance and the value of having a sustainable development for the sake of country prosperity and the future of the next generation.

Along with the sustainable developments discussed earlier, the government has been making progress in facility management as well. For example, in 2009 the Middle East Facility Management Association (MEFMA) was established as a member of Global FM and supported by the Real Estate Regulatory Authority and the Dubai Real Estate Institute. The association works with industry professionals to implement long-term sustainable development strategies. Imdaad organizes accredited training programs, educational courses, seminars, and conferences. Imdaad further provides extensive FM regional networking and fundraising events tasked with reaching out to members and governments across the Middle East, MEFMA conferences, open days and networking events. Their aim is to help shape a sustainably built environment in order to further socio-economic development now and for future generations. (MEFMA, n.d.)

The Dubai Government-owned global holding company, Dubai World, focuses on the strategic growth areas of urban development, transport & logistics, maritime, and financial services. As it is committed to investing in the long term and generating value in strategic areas, it established Imdaad as a subsidiary company to offer strategic and operations solutions in facilities management, FM consultancy, specialist facilities services, and employee welfare activities. Imdaad clients' portfolios contain most of the prestigious real-estate developers and logistics and operation corporations of the region. For instance, Nakheel, Jafza, DP World, Dubai Customs, and Limitless cover landmark developments such as The Palm Jumeirah, The Gardens, International City, Jumeirah Islands, Burj Khalifa, Al Barari, the Jebel Ali Port and Free Zone and The Dubai Mall, among others (Imdaad 2017). Moreover, it was estimated in 2015 that Dubai FM serves contracts in the UAE in the value of approximately Dh20 billion per annum. This statistic included FM services that ranged from cleaning services, pest control, office services, landscaping, waste management and building management systems with the exclusion of security services. An average of 60 percent of most industries in the UAE are thought to outsource its FM requirements (WAM 2014).

7 Benchmarking, analysis and recommendations

Despite implementing the sustainable approaches discussed, the government of the UAE is still concerned about the sustainability in the region as resource consumption is still relatively high compared to other countries of similar size. Moreover, the research on this topic is quite scarce in this part of the world. To fill this gap, further opportunities within the 17 goals of the United Nations on sustainability need to be explored deeper. If the UAE needs to apply the sustainable approaches, it can follow the standards proposed by the United Nations. However, keeping in view of the

vision of the UAE and the scope of this research, this paper limits its scope to exploring goal number 11 amongst the UN 17 sustainable goals to be implemented in this region. Goal 11 pertains to developing sustainable cities and communities. Although the UAE has already tried to implement the sustainable city in the shape of Masdar City as well as several smaller implementations, it still requires improvements. For instance, the UAE still needs to reduce congestion and also further exploit building designs that are sustainable. This could be achieved by complementary infrastructure, efficient use of resources and creating more jobs that support the economic development of the region (UN 2015). Therefore, it is suggested that the importance of FM and green supply chain management are more emphasized. In particular, both concepts could be used to provide complementary benefits that could further aid the vision of the UAE. As a result, after conducting a comprehensive review of literature, the following is a general list of ways FM and GSCM can greatly influence and foster the UAE vision of 2030:

1. Integrating Green processes in supply chain and facility management
2. Creating healthier work environments
3. Preparing and consolidating for better future and living standards
4. Mainstreaming green business practices
5. Streamlining the business processes
6. Bolstering the growth of economic, social and environmental sustainability.
7. Eventually reinforcing the UAE vision of 2030 towards sustainable development

However, to efficiently implement these suggestions, the UAE could adopt the framework of current studies, particularly from developed regions such as Europe and North America. For example, the UAE can use as a benchmark a study conducted in the UK and Ireland by Meng (2014). The study identified some key roles of FM and GSCM that could foster sustainable development. These key roles were identified in order of importance to those interviewed in the study as: Integrating all sustainability considerations, linking strategic level with operational level, incorporating FM knowledge and experience into design, disseminating sustainable knowledge and educating people, and encouraging sustainability through innovation (Meng 2014). Consequently, it is recommended to use these findings as a benchmark and thus propose this framework to be utilized by both the appropriate practitioners within and leadership of the UAE.

Further to the previous example, Achillas (2019), Atkins and Brooks (2015), the International Water Association (2013), Samar, Kaur, and Marmolejo Saucedo (2019), Shah (2012), Willson (2015), and Yao (2013) have recently provided a plethora of case examples and theoretical recommendations that can be applied as best practices for the UAE specifically and the GCC region as a whole to emulate. The following are a list of recommendations specific for the UAE based on the literature:

- Phase-in the sustainable cities implementations already installed in Dubai and Abu Dhabi to the rest of the cities. This can be done in a systematic way through phasing out older areas of the city first and replacing them with newer technology in order to have the greatest impact.
- Take a holistic approach to city planning in order to customize SFM and GSCM implementations that best complement the rest of the city and its supply chain requirements.
- Move from a throw away culture (e.g. plastic bottles, water) to a reuse and refurbish culture. Governmental policies and public campaigns can help in encouraging this initiative. Careful planning on water reuse would especially have a great impact on the region due to the lack of naturally fresh water.
- Redesign parking facilities for more efficient use of resources. With the UAE being a car culture, reducing congestion and creating more efficient parking would create a meaningful impact.
- Designing facilities that are flexible enough for expansion with minimal excess resources required would reduce the carbon footprint in regards to future growth and keep costs down. This would also allow more compact expansion, which is more efficient. This would be in contrast to developing land further and further inland as is the current trend.
- Continue to invest in construction technologies in regards to streamlining the currently inefficient processes that exist in the industry. This field has a lot of room for improvement in regards to sustainability. Since the UAE is fairly new in its development process as a country with much more expansion planned in the future, improvements made in this sector will bring large benefits to the economy.
- Apply more weight in regards to environmental factors when deciding location of new developments. This is in contrast to the traditional practice of profitability.

- Adopt more sustainability education requirements in grade school through university. Creating awareness and interest in the youth would result in more residents getting involved.
- Invest more in both basic and applied research at both the university and industry level. The research should encompass the science, engineering, social, and economic levels in order to provide holistic sustainable solution. This will also position the UAE as a leader in the field and allow the resulting technology to spread to its neighbors.
- Grow coalitions with neighboring countries as well as other countries in regards to sustainability knowledge-sharing in order to increase the speed of state-of-the-art implementations.
- Design new facilities with the perspective of a developing country. In other words, the UAE should not become comfortable in its current infrastructure and operations. They should strive to always be learning, improving and willing to expand its goals rapidly.

If the UAE takes these cues provided by others and puts enough leadership and supporting resources behind the initiatives, they can be the leader in SFM and GSCM for the region and the world.

8 Future implications

SFM and GSCM can support the vision of the UAE, and in order to implement sustainability, focus should be on building techniques such as reducing costs of construction and using sustainable designs for buildings. Moreover, the application of ICT can help ensure integration and coordination between the processes. However, it cannot be done without the support of the citizens and for that, the mindset needs to be changed. The UAE needs to be more educated about the consequences caused by global warming and this could contribute to developing a healthier society for future generations. Only then can SFM and GSCM be effective and compliment the 2030 vision of the UAE.

Moreover, it is evident that this challenge requires an adequate operational strategy that sustains the country's resources for future generations. It is also clear that the UAE government is known for seeking invasive approaches and new tactics to make the best use of its resources. On the contrary, it is also evident from the literature reviewed that there is a dearth of research in this specific region. As a result of this knowledge gap, it is recommended that more research is conducted to complement and further analyze the local initiatives of sustainable development knowledge building in the region.

References

- Achillas C (2019) Green supply chain management. London: Routledge
- Atkin B, Brooks A (2015) Total facility management (Fourth ed.). Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons
- Azar E, Abdel Raouf M (2017) Sustainability in the Gulf: Challenges and Opportunities, Routledge (Taylor & Francis).
- BIFM (2010) The professional body for facilities management. Retrieved from <http://www.bifm.org.uk/bifm/home>, December 4, 2018
- Carter CR, Rogers DS (2008) A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 38 (5): 360-387.
- Chin TA, Tat HH, Sulaiman Z (2015) Green supply chain management, environmental collaboration and sustainability performance. *Procedia CIRP* 26: 695-699
- Euro FM (2009) The beginning of Facility Management. Retrieved from <https://www.eurofm.org/index.php/what-is-fm>, December 3, 2018
- Hollander J (2004) A Guide to incorporating Sustainability into Facilities Management (Draft). Retrieved from http://www.tefma.com/uploads/assets/conference_papers/SustGuideDraft.pdf, December 14, 2018
- Ibrahim I (2016) Livable Eco-Architecture Masdar City, Arabian Sustainable City, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 216: 46-55
- Imdaad (2017) Imdaad. Retrieved from <https://www.imdaad.ae/>, December 18, 2018
- International Water Association (2013) Milestones in water reuse: The best success stories (V. Lazarova, Ed.). London: IWA Pub
- Jacobs FR, Chase RB (2017) Operations and Supply Chain Management (15th edition), McGraw-Hill
- Kincaid D (1994) Integrated Facility Management. *Facilities* 12(8): 20–23

- Lavikka RH, Lehtinen T, Hall D (2017) Co-creating digital services with and for facilities management. *Facilities*, 35(9/10): 543-556
- MEFMA (n.d.) Retrieved from <http://mefma.org/index.php?lang=en>
- Meng X (2014) The role of facilities managers in sustainable practice in the UK and Ireland. *Smart and Sustainable Built Environment* 3(1): 23-34
- Nader S (2009). Paths to a low-carbon economy—The Masdar example. *Energy Procedia* 1(1): 3951-3958
- Nefedova WA (2013) Advancing environmental sustainability Leading a green transformation, 40–42. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/gx-gr14-sustainability.pdf>
- Potkány M (2015) Coordinated Management Model of Support Business Processes through the Facility Management. *Procedia Economics and Finance* 23: 396-401
- Potkany M, Vetrakova M, Babiakova M (2015) Facility Management and Its Importance in the Analysis of Building Life Cycle. *Procedia Economics and Finance* 26: 202-208
- Rifkin J (2015) Digital Europe: The Rise of the Internet of Things and the Economic Transformation of the EU. Retrieved from http://www.reply-mc.com/wp-content/uploads/2016/03/Rifkin-Digital-Europe_312.pdf, March 3, 2019
- Samar AS, Kaur R, Marmolejo Saucedo J (2019) Best practices in green supply chain management : A developing country perspective. Bingley, U.K.: Emerald Publishing Limited
- Sarkis J, Zhu Q, Lai K (2011) An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics* 130(1): 1- 15
- Seuring S, Müller M (2008) From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production* 16(15): 1699- 1710
- Shah S (2012) Sustainable refurbishment. Hoboken: Wiley-Blackwell
- The Economist (2012) The third industrial revolution | The Economist. Retrieved from <http://www.economist.com/node/21553017>, December 14, 2018
- The International Institute for Sustainable Development (IISD). (n.d.). Sustainable Development | IISD. Retrieved from <http://www.iisd.org/topic/sustainable-development>
- UAE Government.(2017) 11. Sustainable cities and communities - The Official Portal of the UAE Government. Retrieved from <https://government.ae/en/about-the-uae/leaving-no-one-behind/11sustainablecitiesandcommunities>, December 2, 2018
- UAE Vision 2021 (2014) UAE Vision 2021 Environment and Infrastructure (Arabic). Retrieved from <https://www.vision2021.ae/en/national-priority-areas/sustainable-environment-and-infrastructure>, December 10, 2018
- United Nations (2015) Goal 11: Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable - United Nations Sustainable Development Action 2015. Retrieved from <http://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>, December 20, 2018
- United Nations (2017) Sustainable Development Knowledge Platform. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/>, November 10, 2018
- Waheed Z, Fernie S (2009) Knowledge based facilities management. *Facilities* 27(7/8): 258-266
- WAM (2014) UAE’s facilities management industry value could hit approximately AED 20bn by 2015, Says G4S. Retrieved from <http://wam.ae/en/details/1395268878690>, November 20, 2018
- Willson R (2015) Parking management for smart growth. Washington, DC: Island Press
- Yao R (Ed.) (2013) Design and management of sustainable built environments. London: Springer. doi:10.1007/978-1-4471-4781-7