

# Etki odaklı harekâtın bulanık bilişsel harita ve simülasyon ile modellenmesi

**Dilek YAMAN\***, **Seçkin POLAT**

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

## Özet

*Etki Odaklı Harekât, düşman üzerinde istenen stratejik çıktıyı elde etmek için, tüm askeri ve askeri olmayan kabiliyetlerin; taktik, operatif ve stratejik seviyede, sinerji sağlayacak şekilde uygulanması süreci olarak tanımlanabilir. Etki Odaklı Harekât konseptinde fiziksel hedeflerden çok, düşman üzerinde arzu edilen etkiyi yaratacak düğüm noktaları önem kazanmaktadır. Bu çalışmada problem, harekâtın amaçlarını gerçekleştirecek farklı hareket tarzlarının belirlenmesi ve uygun hareket tarzının seçimi olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle öncelikle karar vericinin amaçlarına ulaşmasında fayda sağlayabilecek tüm etkilerin ve bu etkiler arası etkileşimlerin ortaya konması gerekmektedir. Bu çalışma bir şebeke yapısı ortaya çıkarmaktadır. Yapılmak istenen; ortaya çıkan şebeke üzerinde, istenen amaçları elde etmek için, hangi düğümlerin tetiklenmesi gerektiğine karar vermeye destek sağlayacak bir yöntem/araç bulunmasıdır. Ortaya çıkan şebekenin taşıması beklenen özellikler düşünülerek, yapılan incelemeler sonucunda, seçilecek yöntemin klasik Bulanık Bilişsel Harita olmasına ve yöntemin ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilmesine karar verilmiştir. Çalışmada Bulanık Bilişsel Harita yöntemine; etki olabilirliği, etki süresi, dinamik etki değeri değişimi ve etki kalıcılığı özellikleri eklenmiştir. Geliştirilen model örnek bir senaryo üzerinde uygulanmıştır. Alan uzmanlarıyla çalışılarak belirlenen senaryo değerleri ile yapılan uygulamalar sonucunda Bulanık Bilişsel Harita yöntemine eklenen özelliklerin, sonuçlar üzerinde, klasik haline göre önemli farklılıklar yarattığı görülmüştür. Bu nedenle özelliklerin planlamalarda ve Bulanık Bilişsel Harita ile çalışmalarda dikkate alınması önerilmektedir. Elde edilen deneme aracı, karar vericiye, oluşturulan şebeke üzerinde istenen düğümlere istenen ilk değerler verilerek harekâtın amaçlarına erişim derecesini gözleme olanağı sunmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** Etki Odaklı Harekât, Bulanık Bilişsel Harita, nedensellik gösteren araçlar, simülasyon.

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Dilek YAMAN. dyaman@harpak.tsk.mil.tr; Tel: (212) 284 80 65.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Programında tamamlanmış olan "Etki odaklı harekâtın bulanık bilişsel harita ve simülasyon ile modellenmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 17.05.2006 tarihinde dergiye ulaşmış, 03.07.2006 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.12.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Modeling effect based operations using fuzzy cognitive maps and simulation

### Extended abstract

Historically, the majority of military operations have been conducted on the logical premise that degrading an adversary's military combat power will sap his will to continue the conflict. In future conflicts, such an approach may not prove to be as effective. Increasing of the effect of adversary's military destruction power provided by innovations in technology and globalization, gaining importance of preventive intervention concept instead of opposing the enemy's force, insufficiency of military focused operations for desired endstate against new threats and ambiguities, showing an increased reluctance to support conflicts that result in heavy loss of life (friend or foe) and wide spread destruction of property by many societies have initiated the transition to Effect Based Planning system.

Effect Based Operations (EBO) could be defined as a process for obtaining a desired strategic outcome or effect on the enemy through the synergistic and cumulative application of the full range of military and non-military capabilities at all levels, tactical, operative and strategic, of conflict. A different and broader definition is given as "EBO are coordinated sets of actions directed at shaping the behavior of friends, foes, and neutrals in peace, crisis and war".

In EBO concept, nodes which compose desired effect on enemy, gain importance rather than physical targets. Focused on activity-effect-object link with an effect based concern, adversary's weak points and connection points which could create chain effect are aimed instead of attacking the strong sides. In this concept, effects which are intended to strategic objectives are determined and alternative courses of actions (COA) are defined to form those effects. To obtain the desired effect on predetermined nodes, not only military alternatives but also political and economical powers in addition to information warfare are used in a system approach manner in order to serve different alternatives to decision makers.

As in the other sort of operation planning, in EBO planning, decision makers have to determine alternative COAs which realize the desired effects, evaluate them and choose the best one. Therefore, problem studied on is described as determining al-

ternative COAs which could realize the aims of operation and choosing the best one among them. EBO rely on the ability to identify the effects that will lead to campaign success. Because of this, it is essential to manifest all effects which can contribute reaching the aims and interactions between those effects. This exertion deduces a network structure. Constructed network to solve the problem need not to have hierarchical structure, feedbacks can exist. It is essential that nodes (variables, concepts) should be measurable. To provide this each node must have a value. Effect possibility, effect duration, effect value and effect permanence should be involved in evaluation. The purpose is to find out a method / tool that supports deciding which nodes should be triggered on the emergent network to obtain the desired endstate.

In the study, Fuzzy Cognitive Maps (FCMs) were selected as the solving method and effect possibility, effect duration, dynamic effect value changing and effect permanence features were added to the FCMs' concept value calculation algorithm which do not exist in the classical method. Developed algorithm was applied to a sample scenario.

The data needed by developed model and related to the scenario were made up by six experts. At the end of applications performed by using those data, it was observed that added features to FCM method produced different outcomes proportional to the classical computing algorithm. Because of that, these features must be taken into consideration in planning and studies with FCMs. Additionally, produced test tool provide ability to the decision maker to trigger the desired nodes on the designed network and observe the achievement degree of operation objectives.

In future; to realize the desired effects with desired degree, it is essential to study on finding the best nodes set to be triggered and the best initial value of those nodes under the conditions of time, cost etc.

In the current situation, decision makers need to make many experiments with different initial configurations to find such a "best" solution. Because this is unreasonable especially when the amount of nodes increases, methods have been begun to search for performing that optimization.

**Keywords:** Effect based operations, fuzzy cognitive map, causal tools, simulation.

## Giriş

Etki Odaklı Harekât (EOH) konseptinde fiziki hedeflerden ziyade düşman üzerinde arzu edilen etkiyi yaratacak düğüm noktaları önem kazanmaktadır. Düşmanın kuvvetli taraflarına kuvvetle vurmak yerine, düşmanın zayıf noktaları ve zincirleme etki yaratabilecek bağlantı noktaları hedef alınmakta, hedeflere ulaşılması amacıyla faaliyet-etki-amaç bağı üzerine odaklanılmaktadır. Buna göre, hedeflere yönelik etkiler tespit edilmekte ve bu etkilerin oluşturulmasına yönelik en uygun hareket tarzı olan faaliyetler belirlenmektedir. Belirlenen düğüm noktaları üzerinde istenen etkiyi yaratmak için sadece askeri seçenekler değil, aynı zamanda siyasi ve ekonomik güç unsurları ile bilgi harekâtı da bir sistem yaklaşımı içerisinde kullanılarak karar vericilere farklı alternatifler sunulmaktadır. EOH planlamada karar verici, elde etmek istediği amaçları gerçekleştirecek farklı hareket tarzlarını belirlemek ve bu alternatif hareket tarzlarını değerlendirerek uygun olanını seçmek zorundadır. Bu nedenle üzerinde çalışılan problem, harekâtın amaçlarını gerçekleştirecek farklı hareket tarzlarının belirlenmesi ve uygun hareket tarzının seçimi olarak tanımlanmıştır. Bu amaçla öncelikle karar vericinin hedeflerine ulaşmasında faydalı olabilecek tüm etkilerin ve bu etkiler arası etkileşimlerin ortaya konması gerekmektedir. Bu çalışma bir şebeke yapısı ortaya çıkarmaktadır. Problemi çözmek için oluşturul-

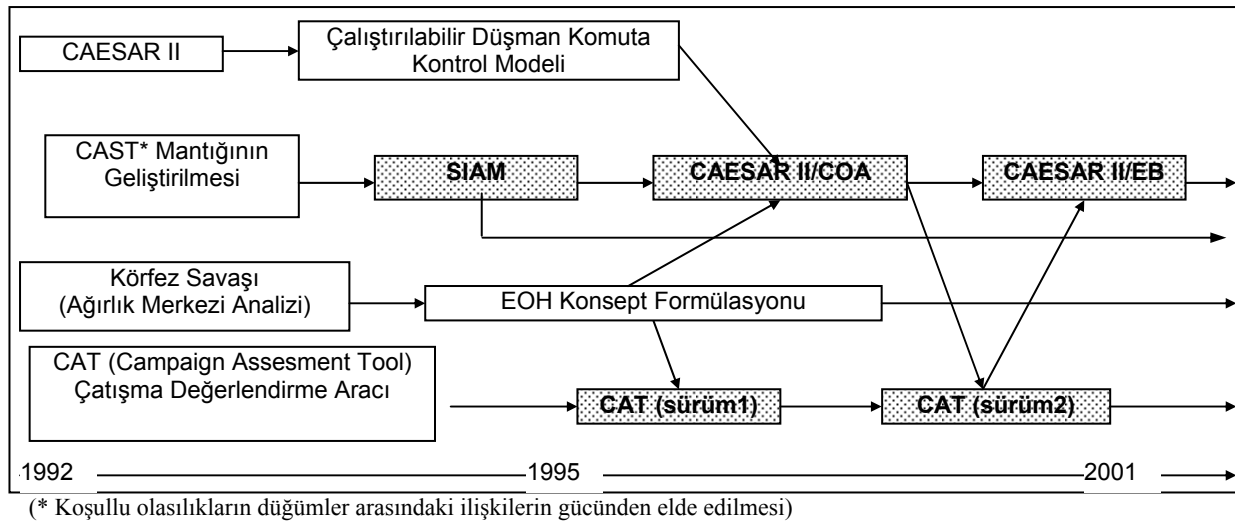
acak şebekenin aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenmektedir:

1. Şebeke hiyerarşik bir yapı göstermek zorunda değildir, geri beslemeler olabilir.
2. Düğümlerin ölçülebilmesi, bu nedenle de değer alması gerekmektedir.
3. Düğümler arasındaki ilişkilerin etki olabilirliği, etki süresi, etki derecesi ve etki kalıcılığı özellikleri değerlendirmeye alınmalıdır.

Yapılmak istenen; ortaya çıkan şebeke üzerinde, istenen nihai amaçları elde etmek için, hangi düğümlerin tetiklenmesi (ilk değer atanması) gerektiğine karar vermeye destek sağlayacak bir yöntem/araç bulunmasıdır.

EOH planlamasına destek olmak üzere bugüne kadar yapılmış çalışmalar incelendiğinde temel olarak iki yöntem kullanıldığı görülmektedir: Bayesian Ağlar/Etki Ağları ve Sistem Dinamiği (SD). Bayesian Ağlar ve temelinde Bayesian Ağlar bulunan Etki Ağları ile geliştirilmiş ve bazıları kullanılmakta olan planlama destek araçları bulunmaktadır. Bu araçlar ve gelişimleri Şekil 1'de taralı gösterimlerle verilmiştir (Wagenhals vd., 2005).

SD ile ilgili olarak ise, Byrnes (2002), yöntemin EOH planlama desteği sağlamak amacıyla kullanılabilirliği yönünde görüş bildirmiştir. Ayrıca Bakken ve diğerleri (2004), SD kullanarak



Şekil 1. Etki odaklı harekât planlama desteği konusunda geliştirilmiş araçlar

karar vericiler için öğrenme laboratuvarı oluşturmaya çalışmışlardır.

Bu çalışmada tanımlanan problemin çözümü için yöntem arayışı sırasında yukarıda bahsedilen iki yöntemin yanı sıra nedensellik gösteren araçlardan Çapraz Etkileşim Çözümlemesi ve Bulanık Bilişsel Haritalar (BBH) da incelenmiştir. Nedensellik gösteren araçlar içerisinde yer almamakla beraber, hareket tarzı değerlendirmesinde kullanımına yönelik bir örnek bulunduğu için (Kahalekai ve Phillips, 2002) Analitik Serim Süreçleri de değerlendirmeye alınmıştır. İncelenen yöntemlerin problem ihtiyaçlarına uygunluğu Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Problem gereklilikleri açısından tekniklerin karşılaştırılması

Problem İhtiyaçları	Bayesian Ağlar	Sistem Dinamiği	Analitik Serim Süreçleri	Çapraz Etki Çözümlemesi	Bulanık Bilişsel Haritalar
Geri beslemeli şebeke yapısı	-	+	+	+	+
Düğümün değer alabilmesi	-	+	-	-	+
Etki yönünün belirlenebilmesi	-	+	-	-	+
Etki olabilirliği	+	+	-	-	-
Etki derecesi	-	+	-	+	+
Etki süresi	-	+	-	-	-
Etki kalıcılığı	-	+	-	-	-

Buna göre en uygun yöntem SD olarak görülmektedir. İhtiyaçları karşılama bakımından ikinci sırada ise BBH yer almaktadır. Çalışmada kullanılacak yöntem olarak;

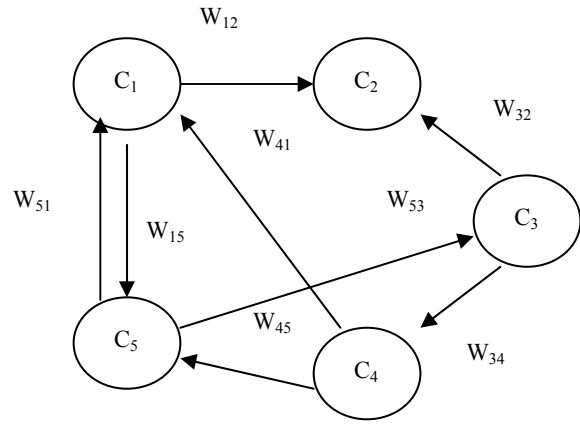
- SD’nin stratejik seviye modelleme problemleri için uygun olması, EOH planlama ihtiyacının ise, taktik, operatif veya stratejik seviyelerde duyulabilmesi,
- EOH planlama çalışmalarının çok katılımcı gerektirmesi,

nedeniyle her seviyede ve çok katılımcılı problemlere uygulanabilen BBH yöntem olarak seçilmiş ve yöntemin problem ihtiyaçlarını karşı-

lamayan özelliklerinin geliştirilmesine karar verilmiştir.

### Klasik bulanık bilişsel haritalar

BBH’lar, bir sistemin davranışlarını kavramsal değişkenler (KD) ve KD’ler arasındaki ilişkilerle tanımlamaktadır. Bir BBH, Şekil 2’de görüldüğü gibi, düğümlerin KD’leri veya sistemi oluşturan elementleri; düğümler arasında bulunan, yönü ve ağırlığı belirtilen çizgilerin ise KD’ler arasındaki nedensel ilişkileri gösterdiği Yöneltilmiş Çizgelerdir (Stylios ve Groumos, 1998).



Şekil 2. Bulanık bilişsel harita

Şekil 2’de ( $C_n$ ) olarak görülen KD’ler; durum, değişken, olay, faaliyet, amaç vb. ifade edebilir. Her bir KD zaman içinde diğer KD’ler ile etkileşim sonucu değişebilen değerler alır. Klasik BBH yönteminde KD değerleri (0,1) değerlerinden birini alır. KD’ler arasındaki ilişkiler bulanık olarak tanımlanır ve  $[-1,1]$  aralığında değer alırlar.  $C_i$  ve  $C_k$  KD’leri arasında üç farklı tip nedensel ilişki olabilir:

1.  $W_{ik} > 0$ ;  $C_i$  ve  $C_k$  KD’leri arasında pozitif ilişki olduğunu gösterir.  $C_i$  KD’ndeki artış  $C_k$  KD’nde artışa veya  $C_i$  KD’ndeki azalış,  $C_k$  KD’nde azalışa neden olur.
2.  $W_{ik} < 0$ ;  $C_i$  ve  $C_k$  KD’leri arasında negatif ilişki olduğunu gösterir.  $C_i$  KD’ndeki artış  $C_k$  KD’nde azalışa veya  $C_i$  KD’nde azalış,  $C_k$  KD’nde artışa neden olur.
3.  $W_{ik} = 0$ ;  $C_i$  ve  $C_k$  KD’leri arasında ilişki olmadığını gösterir.

$W_{ik}$  değeri,  $C_i$  KD'nin  $C_k$  KD'ni ne kadar güçlü etkileyeceğini göstermektedir. Her  $C_i$  KD için, KD değeri  $A_i$  aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$A_i^t = f \left( \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq i}}^n A_k^{t-1} W_{ki} \right) \quad (1)$$

Bu denklemde  $A_i^t$ ,  $C_i$  KD'nin  $t$  zamanındaki değerini;  $A_k^{t-1}$ ,  $C_i$  KD'ni etkileyen  $C_k$  KD'nin  $(t-1)$  zamanındaki değerini;  $W_{ki}$ ,  $C_k$  KD'nin  $C_i$  KD'ni etkileme büyüklüğünü ve  $f$  eşik fonksiyonunu göstermektedir.

### Geliştirilmiş bulanık bilişsel haritalar

Bu çalışmada, BBH yönteminin klasik haline etki olabilirliği, etki süresi ve etki kalıcılığı özellikleri eklenmiş; etki değeri hesaplama formülü değiştirilerek, etki süresine ve KD değerlerine bağlı olarak etki değeri hesaplanması sağlanmıştır. Bu özelliklerle ilgili olarak daha önce yapılmış çalışmalar Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de, dört yeni özellikten bir veya bir kaç hakkında çalışma içeren yayınlar görülmektedir. Renk olarak koyulaştırılmış hücreler, ilgili özelliklerin bu makale çalışmasındakine benzer şekilde modellendiği çalışmalardır. Yıldız içeren fakat koyulaştırılmamış hücrelerdeki özelliklerin modellenme biçimi tanımlanan problem ihtiyaçlarını karşılamamaktadır. Örneğin incelenen çalışmalarda kalıcılık özelliği, her bir adımda mevcut KD değerinin belirli bir yüzdesinin kaybı şeklinde dikkate alınmıştır. Etkileyen KD'lerin yarattığı kalıcılık etkileri ayrı ayrı dikkate alınmamıştır.

Tsadiras ve Margaritis (1997), KD değeri hesaplamasında kullanılmak üzere Denklem 2'deki

$$f(A_i^t, S_i^t) = \begin{cases} A_i^t + S_i^t(1 - A_i^t), & A_i^t \geq 0, S_i^t \geq 0 \\ A_i^t + S_i^t(1 + A_i^t), & A_i^t < 0, S_i^t < 0 \quad |A_i^t|, |S_i^t| \leq 1 \\ A_i^t + S_i^t / (1 - \min(|A_i^t|, |S_i^t|)) & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2)$$

$$A_i^{t+1} = f(S_i^t, A_i^t) \quad S_i^t = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n A_k^t w_{ki}$$

fonksiyonu önermişlerdir. Bu fonksiyon, KD değeri hesaplamalarında KD'lerin mevcut değerini de dikkate almakta ve KD'lerin etkilenmemiş kısımları üzerinde etki yapmaktadır. Formüldeki üçüncü koşulda paydanın "0" değer almasını engellemek amacıyla Andreou ve diğerleri (2005) mutlak değerleri kaldırma önerisi getirmişlerdir. Ayrıca Koulouriotis ve diğerleri (2004) KD hesaplama formülü olarak Denklem 3'ü kullanmışlardır.

Tablo 2. Etki özellikleri konusunda yapılmış çalışmalar

Yayın	Dinamik Etki Değeri	Etki Olabilirliği	Etki Süresi	Etki Kalıcılığı
Aguilar, 2003		*		
Andreou vd., 2003				*
Andreou vd., 2005				*
Hagiwara, 1992	*		*	
Koulouriotis vd., 2004	*		*	*
Miao vd., 2002	*			
Miao vd., 2001	*		*	
Tsadiras ve Margaritis, 1997				*
Tsadiras ve Margaritis, 1999				*
Makale çalışması	*	*	*	*

$$C_i^{t+1} = \min \left( 1, \max \left( -1, C_i^t + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n w_{ki} C_k^t \right) \right) \quad (3)$$

Çalışmada KD değeri hesaplama fonksiyonu olarak Denklem 2'de değişiklik yapılarak Denklem 4 elde edilmiştir. Yapılan değişikliğin nedeni, üçüncü koşul için Denklem 2 ile

Andreou ve diğerlerinin (2005) çalışmasında Denklem 2'ye getirilen düzeltmeyle elde edilen fonksiyonların çok farklı rakamlar üretmesi ve her iki durumda da üretilen rakamların, üçüncü koşulu sağlayan durumlarda, üzerinde çalışılan problem için uygun olmamasıdır. Bu nedenle üçüncü koşul, Denklem 4'te verildiği şekilde değiştirilmiştir. Bu değişiklik ile elde edilen değerler Denklem 3 kullanılarak üretilen değerler ile aynıdır. İlk iki koşul için Denklem 3'ün kullanılmama nedeni, KD'lerin etkilenmemiş kısımları üzerinde etki yaratmak yerine mevcut ve yeni değeri toplayarak, sonucun "1"den büyük veya "-1" den küçük çıkması durumunda "1" veya "-1"e eşitlemesidir.

Geliştirilen modelde etki olabilirliği; bir KD üzerinde ilk etkilenme olması durumunda, etkilenmenin dikkate alınıp alınmayacağına, her ilişki için belirlenen olabilirlik değerinin (0-1) aralığında üretilen rassal sayı ile karşılaştırılmasıyla modellenmiştir.

Etki süresi ve dinamik etki değeri değişimi; her adımda ilişki için belirlenen etki süresinin bir birim azaltılmasıyla ve her adımda birim etki değerinin yeniden hesaplanmasıyla sağlanmıştır. Buna göre t kadar sürede  $w_{ji}$  kadar etkiyi yaratmak için gerekli birim zamandaki etki miktarı hesabında kullanılacak formüller elde edilmiştir. İlişkiler için belirlenen etki değerleri, belirlenen etki süreleri sonunda yaratılmış olması beklenen

değerlerdir. İlgili etki süresi boyunca her adımda kullanılacak birim etki değeri hesabı, Denklem 4'te verilen formül kullanılarak Denklem 5'teki gibi elde edilmiştir.

Etki kalıcılığı ise ilgili etki tam olarak yaratıldıktan sonra başlayarak ve her adımda azaltılarak belirlenen kalıcılık süresinin sonunda yaratılan etkinin ortadan kaldırılması şeklinde modellenmiştir.

Buna göre KD değerleri hesaplanırken herhangi bir KD;

- (t+1) zamanında hiç bir KD tarafından etkilenmiyorsa ve daha önce hiç etkilenmemişse;

$$A_i^{t+1} = A_i^t \quad (6)$$

- (t+1) zamanında hiç bir KD tarafından etkilenmiyorsa, ancak t anından önceki bir zamanda etkilenmişse (etkileyen ilişkinin etki süresi tamamlanmışsa) ve etkileyen ilişkinin kalıcılık süresi henüz tamamlanmamışsa;

$$A_i^{t+1} = A_i^t - \sum_{i=1}^n (K_i / R_i k) \quad (7)$$

( $K_i$ ,  $A_i$  değeri üzerinde i. ilişkinin yarattığı toplam etki miktarını ve  $R_i k$ , i. ilişkinin kalıcılık süresini göstermektedir.)

$$f(A_i^t, S_i^t) = \begin{cases} A_i^t + S_i^t(1 - A_i^t), & A_i^t \geq 0, S_i^t \geq 0 \\ A_i^t + S_i^t(1 + A_i^t), & A_i^t < 0, S_i^t < 0 \quad |A_i^t|, |S_i^t| \leq 1 \\ A_i^t + S_i^t & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4)$$

$$f_{w_{ki}^t} = \begin{cases} \frac{1 - \sqrt[n]{(A_k^t w_{ki}) - 1}}{A_k^t}, & A_i^t \geq 0, S_i^t \geq 0 \\ \frac{1 - \sqrt[n]{(A_k^t w_{ki}) + 1}}{A_k^t}, & A_i^t < 0, S_i^t < 0 \quad |A_i^t|, |S_i^t| \leq 1 \\ \frac{w_{ki}}{n}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (5)$$

- (t+1) zamanında başka KD'ler tarafından etkileniyorsa (yeni etki veya t anında başlamış durumda olan, etki süresi tamamlanmamış etkiler) ancak daha önce hiç etkilenmemişse veya etkileyen ilişkilerin kalıcılık süreleri tamamlanmışsa Denklem 4 kullanılarak,

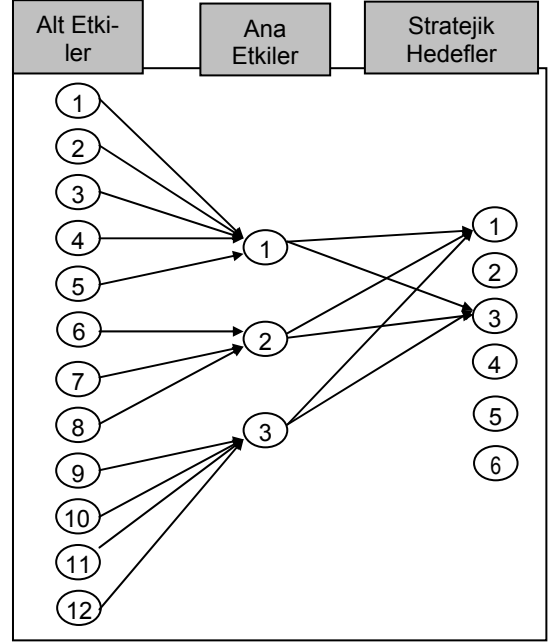
- (t+1) zamanında başka KD'ler tarafından etkileniyorsa (yeni etki veya t anında başlamış durumda olan etkiler) ve daha önce etkileyen ilişkilerin kalıcılık süreleri tamamlanmamışsa Denklem 8 kullanılarak hesaplanmaktadır.

### Simülasyon verilerinin hazırlanması

Çalışmada kullanılan örnek senaryonun uzmanlarca incelenmesi sonucunda, ulaşılması istenen altı adet stratejik hedef belirlenmiş, bu hedeflerden ikisi (Şekil 3'te (1) ve (3)) seçilmiştir. Uzmanlar seçilen iki adet stratejik hedefi elde etmek için 3 adet ana etki ve belirlenen ana etkileri elde etmeye yarayacağı düşünülen 12 adet alt etki tanımlamışlardır.

Şekil 3'te, belirlenen 12 adet etkinin hangi ana etkilerin sağlanmasına katkıda bulunacağı görülmektedir. Bu belirlemelerin ardından, altı alan uzmanı söz konusu 12 adet etkiyi inceleyerek alt etki etkileşimlerini gösteren kendi bilişsel haritalarını oluşturmuşlardır. Altı uzmanın ayrı olarak belirlediği şebekeler Kosko (1997)'de açıklandığı şekilde birleştirilerek Şekil 4'te verilen birleştirilmiş yapı elde edilmiştir.

Simülasyon için ihtiyaç duyulan etki olabilirliği, etki süresi, etki değeri ve etki kalıcılığı değerlerinin de uzmanlarca belirlenmesi sağlanmıştır. Uzmanlar bu konulardaki değerlendirmelerini bulanık olarak yapmışlardır. Bu amaçla öncelikle kendi değerlendirme skalalarını üçgen bulanık

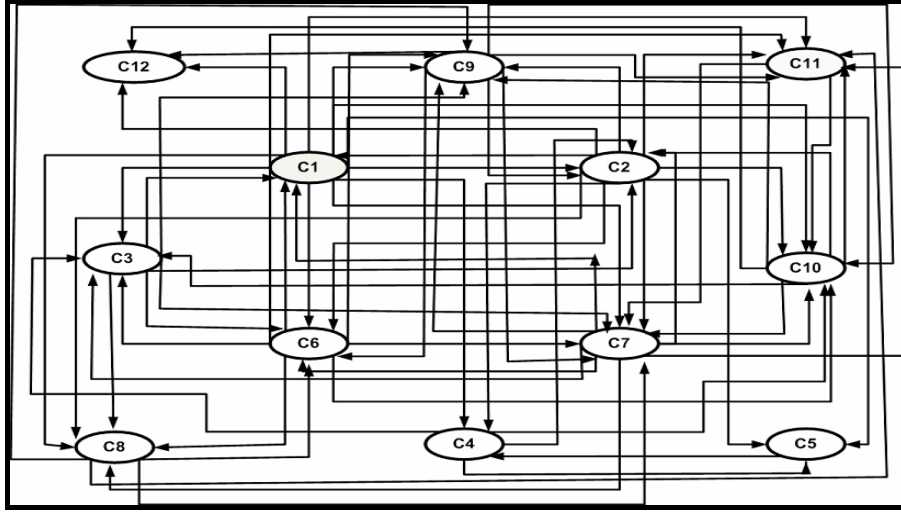


Şekil 3. Senaryoya göre belirlenen stratejik hedefler, ana ve alt etkiler

sayılar şeklinde oluşturmuşlar, ardından tanımladıkları alt etkiler arası ilişkileri kendi belirledikleri skala değerlerine göre derecelendirmişlerdir. Uzmanların yaptıkları değerlendirmeler birleştirilmiş BBH oluşturulurken ortalama üçgen sayılar haline getirilmiştir. Birleştirme sırasında uzmanlar konu hakkındaki yeterlilik seviyelerine göre kredilendirilerek, yeterlilikleri de verdikleri değerlere yansıtılmıştır.

Her özellik için ayrı olarak elde edilen ortalama üçgen bulanık sayılar geliştirilen algorithmada kullanılmak üzere Hsieh ve diğerleri (2004)'nde açıklandığı şekilde Denklem 9'da verilen BNP (Best Nonfuzzy Performance) değeri hesaplanarak durulaştırılmıştır.

$$f(A_i^t, S_i^t) = \begin{cases} A_i^t + S_i^t(1 - A_i^t) - \sum_{i=1}^n (K_i / R_i k), & A_i^t \geq 0, S_i^t \geq 0 \\ A_i^t + S_i^t(1 + A_i^t) - \sum_{i=1}^n (K_i / R_i k), & A_i^t < 0, S_i^t < 0 \quad |A_i^t|, |S_i^t| \leq 1 \\ A_i^t + S_i^t - \sum_{i=1}^n (K_i / R_i k) & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (8)$$



Şekil 4. Senaryoya göre elde edilen birleştirilmiş bilişsel harita

$$BNP_i = [(UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i)] / 3 + LR_i \quad (9)$$

Burada  $UR_i$ , üçgen bulanık sayının üst değerini,  $MR_i$  orta değerini ve  $LR_i$  alt değerini göstermektedir. Böylece elde edilen etki olabilirliği, etki süresi, etki değeri ve etki kalıcılığı değerlerinden etki değerlerine ait olanlar Tablo 3'te örnek olarak verilmiştir.

Özellik değerleri bazı ilişkiler için sabit, bazı ilişkiler için ise KD değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir. Örnek olarak Tablo 3'te  $C_1$  KD'nden  $C_3$  KD'ne olan etki değeri için aşağıdaki gibi bir fonksiyon tanımlanmıştır

$$f_{C_1-C_3} = \begin{cases} 0 & C_1 \leq 0.4 \\ 0.1956 & C_1 > 0.4 \end{cases} \quad (10)$$

Alt etkilerin ana etkilere katkı dereceleri de uzmanlar tarafından belirlenmiş ve ana etki değeri hesaplamaları da Denklem 4 kullanılarak yapılmıştır.

### Deneysel çalışma sonuçları

Geliştirilen yöntemdeki yeni özellikler ile ilgili olarak, Tablo 4'teki yapılanmalarda Tablo 5'te verilen başlangıç değerleri ile deneyler yapılmıştır.

Deneylerin yapıldığı ortam Arena7.0 ile oluşturulmuştur. Uzmanlar tarafından belirlenen şebeke yapısı, KD'ler arası ilişki özelliklerine ait değerler, KD başlangıç değerleri gibi bilgiler Excel dosyalar şeklinde hazırlanmış ve Arena programı içerisinde Visual Basic ile kodlanan yeni algoritma ile simüle edilmiştir.

Tablo 3. Senaryoya göre elde edilen etki değerleri

Etki Değerleri	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$
$C_1$	0	F	F	0.58	0.43	0.86	0.30	0.46	0.91	0.91	0.32	0.15
$C_2$	0.42	0	0	F	0.47	0.10	0.68	0.09	F	0.88	0.61	0.19
$C_3$	0.42	0.24	0	0	0	0.44	0.32	0.21	0.08	0	0	0
$C_4$	0	0.02	-0.12	0	0.25	0	0	0	0	0.36	0	0
$C_5$	0	0	0	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_6$	0.05	0	0.05	0	0	0	0.83	0.37	F	0.08	0.67	0
$C_7$	0.02	0.25	-0.12	0	0	0.72	0	0.06	0.31	0.25	0.37	0
$C_8$	0	0	0	0	0	0.26	0.40	0	0.06	0	0.24	0
$C_9$	0	0.31	0	0	0	0.02	0.37	0	0	0.17	0.20	0
$C_{10}$	0	0.07	-0.12	0	0	0	0.23	0	0.52	0	0.26	0.31
$C_{11}$	0	0	0	0	0	0	0.24	0	0	0.05	0	0
$C_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tablo 4. Deneyler için belirlenen yapılanmalar

Yapılanma	Olabilirlik	Süre	Kalıcılık
1	+	+	+
2	+	+	-
3	+	-	+
4	+	-	-
5	-	+	+
6	-	+	-
7	-	-	+
8	-	-	-

Deney 1 ve Deney 2, KD'lerin "1" ve "0" başlangıç değerleri ile yapılan çalışmalardır. Önerilen yapılanma olduğu için 1 numaralı yapılanma ile çalışılmıştır. Deney 1'de tüm KD'lere ilk değer verilmiş ve tüm başlangıç değerleri "1" olarak seçilmiştir. 800 gün süreyle (en uzun etki süresinin ve en uzun kalıcılık süresinin toplamından fazla olduğu için) yapılan deneyler sonucunda tüm KD değerleri zaten alabilecekleri en yüksek değerlerle başlamış oldukları için, başlangıç değerleri ile 800 gün sonundaki değerlerinin, C<sub>3</sub> KD'i üzerinde oluşan negatif etki hariç aynı olduğu görülmüştür. Deney 2 için hiç bir KD'e ilk değer verilmemiştir. Tüm başlangıç değerleri "0" olarak seçildiğinden BBH içinde hiçbir etkileme olmamış ve KD değerleri, dolaşısıyla ana etki değerleri "0" olarak kalmıştır.

Deney 3, aynı KD'ler için, değişik başlangıç değerlerinin etki ve kalıcılık değerlerinde, dolaşısıyla KD ve ana etki değerlerinde yaratacağı farklılıkları görmek amacıyla yapılan çalışmalardır. Olabilirlik etkisini dikkate almayan 5 numaralı yapılanma ile çalışılmıştır.

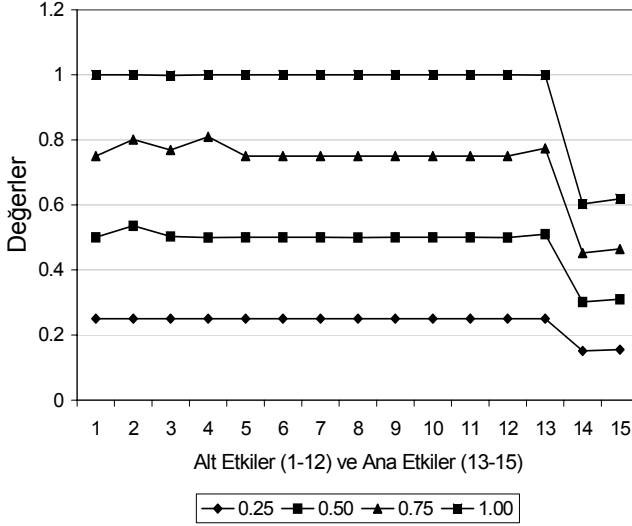
Senaryo değerlerine göre 800 gün süreyle 5 numaralı yapılanmada simülasyon yapıldığında, Şekil 5'te görüldüğü gibi büyük oranda başlangıç değerlerine geri dönülmektedir. Bunun nedeni kalıcılık etkisinin dikkate alınması ve kalıcılık sürelerinin 800 günden önce tamamlanmasıdır. Yani yaratılan etkiler kaybolmaktadır. Başlangıç değerlerinin 0.50 ve 0.75 olması durumlarında kalıcılık süreleri tamamlandığı halde başlangıç değerine dönmeyen iki KD (C<sub>2</sub> ve C<sub>4</sub>) görülmektedir. Bunun nedeni seçilen başlangıç değerlerinin ilgili kalıcılık fonksiyonlarında "daimi" değer üretmesi ve bu nedenle oluşan etkilerin değerinin azalmamasıdır.

Deney 4; etki olabilirliği, etki süresi ve etki kalıcılığı özelliklerinin varlığı ve yokluğu arasındaki farkı görebilmek amacıyla yapılan çalışmadır. Başlangıç durumu olarak C<sub>6</sub>=1 ve diğerleri "0" kabul edilerek, tüm 8 yapılanma ile çalışılmıştır.

Şekil 6'da görüldüğü gibi en yüksek değerler 8 numaralı yapılanmada elde edilmektedir. Bu yapılanma BBH yönteminin klasik halidir. Olabilirlik ve kalıcılık özellikleri dikkate alınmadığından bu yapılanmada yüksek değerlerin elde edilmesi beklenen bir durumdur. En düşük değerler ise 1 numaralı yapılanmadadır. Olabilirlik ve kalıcılık özellikleri dikkate alındığı için bu yapılanmada düşük değerlerin elde edilmesi de beklenmektedir. Süre özelliğinin dikkate alınmasının etkisi, incelenen örnek senaryo için KD değerlerinde azalma şeklinde görülmüştür.

Tablo 5. Deneyler için seçilen başlangıç kavramsal değişkenleri ve ilk değerler

KD	Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	Deney 8	Deney 9
C <sub>1</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	1	1	1	1	1
C <sub>2</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	0	0	1	1
C <sub>3</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	0	0	0	1
C <sub>4</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	0	0	0	0
C <sub>5</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	0	0	0	0
C <sub>6</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	1	0	0	0	0	0
C <sub>7</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	1	1	1	1
C <sub>8</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	1	1	1	1	1
C <sub>9</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	1	1	1	1	1
C <sub>10</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	0	1	1	1
C <sub>11</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	0	0	0	0
C <sub>12</sub>	1	0	0.25, 0.50, 0.75, 1	0	0	0	0	0	0



Şekil 5. Farklı başlangıç değerleri ile 5 numaralı yapılanmada 800 gün için alt ve ana etki değerlerinin değişimi

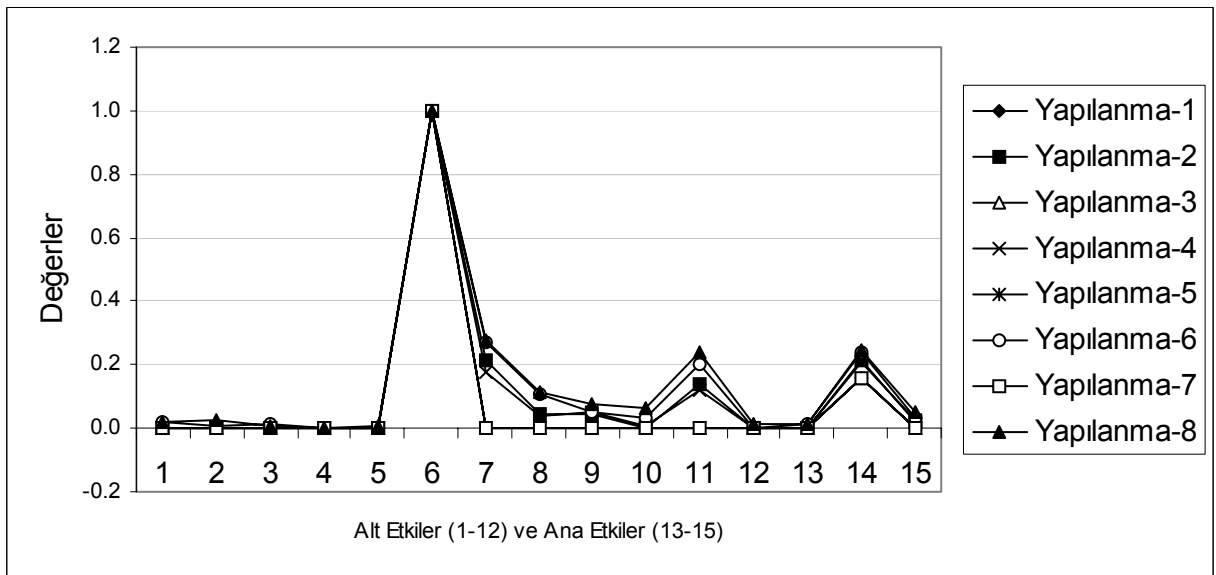
Deney 5,6,7,8 ve 9, örnek bir karar desteği oluşturmak amacıyla, başlangıç KD'leri uzmanlar tarafından belirlenerek yapılan çalışmalardır. Her özelliğin dikkate alındığı 1 numaralı yapılanma ile çalışılmıştır. Uzmanlar, her bir deney için ilk değer alacak KD'leri senaryoya uygun olarak belirlemişlerdir. Şekil 7'de görülen grafikte yatay eksen de deneyler yer almaktadır. Uzmanlar, Deney 5'ten Deney 9'a kadar sırası ile ilk değer alacak KD sayısını artırmışlardır. Deney 1, tüm KD'lerin değer aldığı durumdur.

Örnek olayda seçilen maliyet, "güven kaybı" olarak tanımlanan, maddi olmayan bir maliyettir. Düşük değerler alması arzu edilen bir durumdur. Yapılan deneylerde ilk değer verilen KD sayısının artırılması, yani olayların icra edilmesi, dikkate alınan maliyet değerini düşürmekte, ana etki değerlerini de artırmaktadır. Sadece bu maliyete bakıldığında tüm KD'lere ilk değer vermek, yani incelenen jenerik senaryo için düşünüldüğünde, belirlenmiş tüm etkileri yaratmak uygun bir hareket tarzı olarak görünmektedir. Gerçek çalışmalarda kararı etkileyecek tüm maliyet çeşitleri dikkate alınmalıdır.

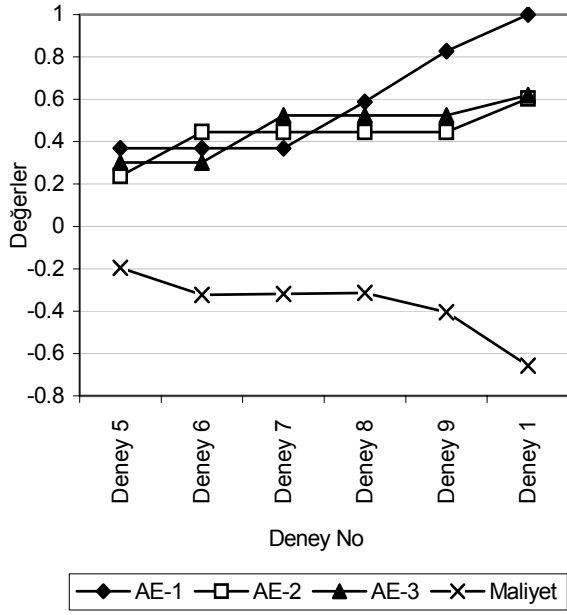
## Sonuçlar

Bu çalışmada etki olabilirliği, etki süresi, dinamik etki değeri değişimi ve etki kalıcılığı özellikleri klasik BBH algoritmasına eklenerek yeni BBH algoritmasına sahip bir araç geliştirilmiştir. Geliştirilen araç, örnek bir Etki Odaklı Harekât planlaması için karar desteği sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Böylece karar vericiye harekâtın amaçlarına erişim derecesini gözlemleme olanağı sunulmuştur.

Eklenen özelliklerin dikkate alınması KD değerlerinde önemli farklılıklar meydana getirdiğinden hareket tarzı değerlendirmelerinde ve BBH ile çalışmalarda bu özelliklerin göz ardı edilmemesi gerektiği düşünülmektedir.



Şekil 6. Tüm yapılanmalarda  $C_6=1$  başlangıç durumunda alt ve ana etki değerleri



Şekil 7. Deney 1, 5-9 için elde edilen ana etki ve maliyet değerleri

Önerilen aracın Etki Odaklı Harekât planlamasının her aşamasında kullanılamayacağı bilinmemiştir. Öncelikle etkilerin ve etkiler arası ilişkilerin tanımlanması gerekmektedir. Araç, bu tanımlamaların yapılmasının ardından, seçilen çeşitli ilk etkilerin yaratılması durumunda olacaklar hakkında karar vericiye simülasyon ortamı sağlamaktadır. Çalışmalar sonucunda üzerinde karar kılınan hareket tarzına göre kimin, hangi görevi, nasıl yapacağına ilişkin planlamalar bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

Simülasyon için verilerin oluşturulması aşamasında, simülasyon sonucunda KD'lerin alacağı değerlerin nasıl yorumlanacağı senaryoya uygun olarak belirlenebilmektedir. Örneğin [-1,1] aralığında herhangi bir değer alabilen bir KD değerinin [0-0.3] aralığında olmasının, ilgili KD'in "az oranda gerçekleşmesi" anlamına gelmesi gibi. Bu şekilde, simülasyon sonucunda modeldeki KD değerlerinin nasıl yorumlanabileceği hakkında fikir sahibi olunur. Deney sonuçlarının incelenmesi ile karar verici; farklı başlangıç şartlarının (ilk değer alan KD sayısı ve ilk değer büyüklükleri değişebilir) ve farklı simülasyon sürelerinin yarattığı değişimleri gözleyebilirler.

Ayrıca bir KD'e ilk değer vermenin karmaşık ilişkiler nedeniyle öngörülemeyen sonuçları hakkında da fikir sahibi olurlar.

Şebekenin oluşturulması ve ilgili özelliklerin belirlenmesi modelleyicilere ve alan uzmanlarına bağlıdır. Bu nedenle modelleyicinin tecrübesi ve yeterli alan uzmanının varlığının şebekenin oluşturulması ve hareket tarzı belirlemede önemli olduğu unutulmamalıdır.

Bundan sonra araştırılması gereken; ana etkileri, istenen derecede gerçekleştirmek için, zaman, maliyet vb. konularda verilecek kısıtlar altında tetiklenmesi gereken KD'lerin hangileri olduğu ve hangi derecede etki yaratılarak tetiklenmesi gerektiğini bulacak bir yöntemdir. Mevcut durumda böyle bir "en iyi" çözümü elde etmek için karar vericinin farklı başlangıç şartlarıyla çok sayıda deney yapması gerekmektedir. Özellikle düğüm sayısı arttığında bu çözüm mümkün ve mantıklı olmadığından söz konusu optimizasyon için yöntemler araştırılmalıdır.

## Kaynaklar

- Aguilar, J., (2003). A dynamic fuzzy cognitive map approach based on random neural networks, *International Journal of Computational Cognition*, **1**, 91-107.
- Andreou, A.S., Mateou, N.H. ve Zombanakis, G.A., (2003). The Cyprus puzzle and the Greek-Turkish arms race: forecasting developments using genetically evolved fuzzy cognitive maps, *Defence and Peace Economics*, **14**, 293-310.
- Andreou, A.S., Mateou, N.H. ve Zombanakis, G.A., (2005). Soft computing for crisis management and political decision making: the use of genetically evolved fuzzy cognitive maps, *Soft Computing*, **9**, 194-210.
- Bakken, B.T., Ruud, M. ve Johannessen, S., (2004). The System Dynamics Approach to Network Centric Warfare and Effects Based Operations – Designing a "Learning Lab" for Tomorrow's Military Operations, *Proceedings, 22<sup>th</sup> System Dynamics Conference*, July 25-29, Oxford, England.
- Byrnes, J., (2002). Background paper on system dynamics as a tool for effects based operations (EBO) analysis. military operations research

- society's "Workshop on Analyzing Effects-Based Operations", January 29-31, McLean, VA.
- Hagiwara, M., (1992). Extended fuzzy cognitive maps, *Proceedings*, 1<sup>st</sup> IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 795-801, New York.
- Hsieh, T.Y., Lu, S.T. ve Tzeng, G.H., (2004). Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings, *International Journal of Project Management*, **22**, 573–584.
- Kahalekai, L. ve Phillips, L., (2002). Using analytic network process (anp) methodology for the analysis, evaluation, and recommendation of courses of action (coa) based on economic, political, sociological, cultural, and psychological factors critical to operations other than war (ootw), *Proceedings*, Huntsville Simulation Conference, Huntsville,Alabama.
- Kosko, B., (1997). *Fuzzy Engineering*, 507, Prentice Hall International,New Jersey.
- Koulouriotis, D.E., Diakoulakis, I.E., Emiris, D.M. ve Zopounidis, C.D., (2004). Development of dynamic cognitive networks as complex systems approximators: validation in financial time series, *Applied Soft Computing*, **5**, 157-179.
- Miao, Y., Liu, Z.Q., Siew, C.K. ve Miao, C.Y., (2001). Dynamical cognitive network—an extension of fuzzy cognitive map, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **9**, 760-770.
- Miao, C.Y., Goh, A., Miao, Y. ve Yang, Z.H., (2002). Agent that models, reasons and makes decisions, *Knowledge-Based Systems*, **15**, 203-211.
- Stylios, C.D ve Groumpos, P.P., (1998). The challenge of modelling supervisory systems using fuzzy cognitive maps, *Journal of Intelligent Manufacturing*, **9**, 339-345.
- Tsadiras, A.K ve Margaritis, K.G., (1997). Cognitive mapping and certainty neuron fuzzy cognitive maps, *Information Sciences*, **101**, 109-130.
- Tsadiras, A.K. ve Margaritis, K.G., (1999). An experimental study of the dynamics of the certainty neuron fuzzy cognitive maps, *Neurocomputing*, **24**, 95-116.
- Wagenhals, L.W., Levis, A.H. ve McCrabb, M., (2005). Effects-based operations; a historical perspective for a way ahead, *Proceedings*, 10<sup>th</sup> International Command and Control Research and Technology Symposium, Virginia.