

Sudoku Bulmacasında Zihinsel Adımlar: Hariç Tutma ve Dahil Tutma Taktikleri

Sevtao Cinan
İstanbul Üniversitesi

Özet

Bu makalede yer alan araştırma Lee ve arkadaşlarının (2008) araştırma bulguları üzerine tasarlanmıştır ve sudoku bulmacalarında akıl yürütürken izlenen zihinsel adımlardaki farklılıkları inceleyen az sayıdaki çalışmadan biridir. Deney 1’de hiç sudoku çözmemiş katılımcıların ve deneyimli katılımcıların her bir bulmacada bir hedef hücreye gelmesi gereken rakamı çıkarsamaları istenmiştir. Hariç tutma, dahil tutma ve ileri düzey olmak üzere üç farklı türde taktiğin kullanımını gerektiren hedef hücreler iki farklı koşul altında katılımcılara sunulmuştur: (1) bulmacada sadece taktiğin kullanılabilmesi için gerekli olan rakamların yer aldığı çeldiricisiz koşul ve (2) taktiğin kullanılması için gerekli olmayan rakamların da olduğu çeldiricili koşul. Ayrıca, Deney 2’de yönergede verilen bilgilerin belirli bir taktiğin kullanılmasını kolaylaştırma ihtimali araştırılmıştır. Sonuçlar dahil tutma taktiğinde deneyimli katılımcıların deneyimsiz katılımcılara kıyasla daha başarılı olduklarını göstermiştir. Ancak deneyimsiz katılımcılar hariç tutma taktiğini deneyimli katılımcılar kadar iyi kullanabilmişlerdir. Dahası, yönergede verilen bilgilerin belirli bir taktik yanlılığına sebep olmadığı da görülmüştür. Sonuç olarak Lee ve arkadaşlarının hariç tutma taktiği yürütülürken izlenen zihinsel adımların dahil tutma taktiğinden daha kolay olduğu yönündeki görüşleri desteklenmiştir.

Anahtar kelimeler: Problem çözme, akıl yürütme, sudoku çözme taktikleri ve deneyim

Abstract

The present study aimed to replicate and extend the unexpected finding of the Lee et al. study (2008) that inexperienced individuals employ exclusion tactics more than inclusion tactics in solving Sudoku puzzles. In Experiment 1, inexperienced and experienced participants were asked to infer the value of a target cell in each of different puzzles. The target cells required use of one of three tactics: exclusion, inclusion and advanced tactics. In addition, the target cells were presented (1) in the puzzles containing only the digits that have to be used in a tactic (non-distracter condition) and (2) in the puzzles with distracter digits. Experiment 2 examined whether or not the instructions given to participants in Sudoku puzzles create a bias towards superior use of exclusion tactics. The results showed that the experienced participants were better at using inclusion tactics than the naïve participants but both the experienced and the inexperienced participants employed exclusion tactics equally well. It was also found that the superior use of exclusion tactics was not due to a biasing affect of the information given in the instructions, supporting Lee et al.’s view that mental steps followed in performing an exclusion tactic are easier than those required by an inclusion tactic.

Key words: Sudoku, problem solving, reasoning, Sudoku solving tactics, and experience

Bilişsel psikolojide kullanılan problem çözme, planlama, bellek ve benzeri becerilere yönelik testlerin bazılarını farklı biçimlerde güncel hayatın içinde bir oyun olarak veya bir yarışma programının bir parçası olarak görmek mümkündür. Zihinsel becerileri konu alan oyunlar ve yarışmalar insanların ilgisini çekmektedir. Bu nedenle eğlence sektöründe bilişsel testlerin oyun haline getirilmesi cazip bir fikir olabilmektedir. Ama aynı zamanda, bir zeka oyunu bilimsel bir araştırma malzemesi haline de gelebilmektedir (Gobet, de Voogt, ve Retschitzki, 2004). Örneğin, Hanoi kulesi, satranç oyunu insanların problem çözme ve planlama becerilerini araştırmak için kullanılmaktadır veya örtük bellek araştırmalarında kullanılan parçalı kelime tamamlama görevi, kelime bulmaca yarışmalarında karşımıza çıkmaktadır. Yakın zamanda, akıl yürütme becerisini gerektiren ‘Sudoku’ bulmacaları araştırmacıların ilgisini çekmeye başlamıştır. Mevcut çalışma Sudokuyu bilişsel psikoloji çerçevesinde ele alan az sayıdaki çalışmalardan biri olmayı hedeflemiştir.

Japonya’da tüm dünyaya yayıldığı düşünülen Sudoku, mantığı ve olasılıkları kullanabilen eğitimli veya eğitimsiz herkesin çözmekten zevk aldığı bir sayı bulmaca oyunudur. Wayne Gould Japonya’da bu oyunu gördükten sonra batıdaki gazetelerde ve dergilerde yayınlanmasını sağlamıştır ve bir Sudoku kitabı da (Gould, 2005) çıkarmıştır. Böylece bulmaca batıda popüler olmuştur. Ancak ilk Sudoku örneklerinin Amerika’da bir dergide (Dell Pencil Puzzles ve Word Games) yayınlandığı ve daha sonra Japonya’da dergilerde yer almaya başlayarak popülerlik kazandığı ileri sürülmüştür (Hayes, 2006; Lee ve Johnson-Laird, 2006). Türkiye’de ise ODTÜ mezunu iki elektronik mühendisi, Okan Arıkan ve Sinan Çeçen, tarafından hazırlanan ilk Sudoku kitabı en iyi satan kitaplardan biri olmuştur (Arıkan ve Çeçen, 2007).

Aslında Sudoku bulmacasının kökeni 17. yüzyılda yaşamış ünlü İsviçreli matematikçi Euler’ın Latin Kareler fikrine dayanmaktadır (Levis, 2007; Lee, Goodwin, ve Johnson-Laird, 2008). Tipik bir Sudoku 9 satır 9 sütundan (9x9) oluşan toplam 81 kareden oluşur. Bu kareler, ayrıca, 3 satır 3 sütundan (3x3) oluşan 9 kutuya bölünür (Şekil 1). Sudokunun özelliği 1’den 9’a kadar olan sayıların her bir satırda, her bir sütunda ve her bir 3x3 karelik kutuda bir kere kullanılarak çözülebilmesidir. Çözümlemiş bir Sudoku bulmacasının bir satırında veya sütununda aynı sayıdan birden fazla bulunmaz.

Sudoku, yakın zamanda bilimsel çalışmalara konu olmaya başlamıştır (Hopfield, 2008; Lee ve ark., 2008). İnsanın uslamlama, akıl yürütme becerisi üzerine yoğun çalışmalarıyla bilinen bilişsel bilimci Johnson-Laird’a (2008) göre, Sudoku saf tümdengelim mantığına dayanır. Bu nedenle Sudoku akıl yürütme becerisini gösteren

	6	9			7		1	
			4		6			
4	2			5		9	8	
		5	3				6	
		1				7		
	4				2	5		
	7	3		2				4
			6		5			
	5		9			8	3	

Şekil 1. Sudoku Bulmacası Örneği

doğal deney malzemesidir. Tümdengelim bir veya daha fazla öncül önermeden sonuç çıkarmayı sağlayan bir mantık yürütme yöntemidir. Yöntem önermelerde verilen ilişkilerden mantığa uygun, yeni bir ilişki kurmayı gerektirir (Oberauer, Hönig, Weidenfeld ve Wilhelm, 2005). Örneğin “*bütün Y’ler X’dir; bazı Z’ler Y’dir*” önermelerine dayanılarak “*öyleyse bazı Z’ler X’dir*” sonucu çıkarılır. Bu, farklı tümdengelim yöntemlerinden biri olan ‘kıyas’ (syllogistic) çıkarımına basit bir örnektir. Akıl yürütme üzerine yapılan çalışmalar, insanların mantıksal olarak geçerli çıkarımlara varmada güçlük çektiğini, büyük ve sistematik hatalar yaptıklarını (benzer yanlışlara düştüklerini) göstermiştir. Örneğin, “*Y’lerin hiçbiri X değildir*” ve “*bütün X’ler Z’dir*” önermelerinden çıkartılması gereken geçerli vargı “*bazı Z’ler Y değildir*” vargısıdır. Ancak çoğu insan “*Y’lerin hiçbiri Z değildir*” ifadesindeki geçersiz sonucu varır; sadece iyi muhakeme edebilen kişiler doğru yanıtı verebilir (Johnson-Laird, 2005). Benzer şekilde, Wason kart seçme gibi mantık görevlerinde üniversite öğrencilerinin sadece % 10’unun doğru akıl yürütebildiği görülmüştür. Bu tür gözlemler insanın doğuştan irrasyonel olduğu, rasyonel olmayı sonradan öğrendiği görüşünün ortaya atılmasında etkili olmuştur (Geurts, 2003; Oaksford ve Chater, 2001). Karşıt bir düşünceye göre ise laboratuvar deneylerinde görülen mantık hatalarının sistematik olması, aslında bunların değerlendirilmesinde kullanılan formel mantık kurallarına dayalı normların uygun olmadığını göstermektedir. Bu görüşün savunucuları, günlük yaşamdaki belirsizliklerle başa çıkmak için insanların kullanmak zorunda kaldıkları akıl yürütme stratejilerinin, formel mantığa değil, olasılık kuramına dayalı olarak açıklanabileceğini ileri sürmektedir (Oaksford ve Chater, 2001).

Son zamanlarda düşünme ve akıl yürütme alanlarından araştırmacıların, evrimsel açıdan da bakarak, akıl yürütme davranışının iki birbirinden farklı bilişsel sistem tarafından kontrol edildiği görüşünü benimseydiği görülmektedir (Evans, 2003). İnsan ve hayvanlarda ortak bir sistem olduğu düşünülen Sistem 1, doğuştan

programlanmış, sezgisel, örtük olarak edinilmiş bilgiye dayalı ve otomatik süreçleri gerektiren bir mekanizmadır. Bu sistem, inançlara ters içerikli önermeler üzerinde akıl yürütülürken insanın yanlıya düşmesine neden olabilir. Evrimin sonraki aşamalarında sadece insanda geliştiği düşünülen Sistem 2 ise kontrollü ve bilinçli süreçleri gerektiren genel amaçlı bir akıl yürütme sistemidir. Bu iki sistem bir zihnin veya beynin içinde birlikte varlığını sürdürmekte ve akıl yürütme davranışına yön vermektedir (Evans, 2003; Oaksford ve Chater, 2001). Rasyonel sistem (Sistem 2) mantık eğitiminin etkisiyle insanın zor problemleri daha iyi çözmesini sağlayabilir.

Sudoku bulmacasının çözümü, nicel belirleyicilerin (bütün, her, sadece bir, her bir gibi) kullanılmasını gerektirdiği için kıyas türü tümdengelim mantığına dayanır. Buna rağmen eğitimsiz kişilerin de Sudoku çözebilmesi, formel mantık bilmeyenlerin geçerli tümdengelim usullarını yapamayacağını savunan görüşe tezattır (Johnson-Laird, 2008; Khemlani ve Johnson-Laird, 2009; Lee ve ark., 2008). Lee ve arkadaşları (2008) üç deneyi içeren araştırmalarında deneyimsiz insanların Sudoku bulmacalarını nasıl çözdüklerini in-

celemiştir ve araştırma sonuçlarına dayanarak insanların kendiliğinden çeşitli zorluk derecelerinde farklı tümdengelim taktikleri geliştirebildiklerini ileri sürmüştür.

Sudoku bulmacaları farklı zorluk derecelerinde üretilir ve farklı stratejilerin kullanılmasını gerektirir. Lee ve arkadaşları (2008) belirli bir sayıyı bulmaya çalışırken izlenen taktikleri Van der Henst, Yang ve Johnson-Laird'in (2002) görüşlerine de dayanarak zihinsel adımlar olarak tanımlamıştır. Bu araştırmacılar bulmacada kullanılan zihinsel adımları dahil tutma (inclusion), hariç tutma (exclusion) ve ileri düzey taktikleri olarak üç grupta ele almıştır. Dahil tutma, (1) hedefin bulunduğu kutunun yanındaki veya altındaki kutularda satır veya sütunlarda aynı sayının bulunduğu tespitini ile (2) 3x3 karelik hedef kutudaki ilgili satır veya sütunlara o sayının geleceğinin anlaşılması ve (3) kutuda geriye kalan satırdaki tek hücreye o sayının dahil edilmesi işlemlerini (zihinsel adımlarını) içerir. Dahil tutma taktiği kullanılarak çözülebilecek bir örnek Şekil 2a'da görülmektedir. Bu durumda usullama yaparken kullanılacak önermeler ve geçerli çıkarım şöyle olacaktır:

a) Dahil Tutma

...			
...			
...		3	
...			
...	3		
...			4
...			6
...			?

b) Hariç Tutma

...			2	
...			3	
...			4	
...				5
...				6
7	8	9	?	
...				
...				
...				

c) İleri Düzey

			4		
			5		
			6		
			?		
		1			
1					
			7		
			8		
			9		

			4		
			5		
			6		
			1		
			(2,3)		
			(2,3)		
			7		
			8		
			9		

Şekil 2. Taktik Türleri

Hedef kutunun yanındaki kutularda her iki satırda 3 rakamı bulunmaktadır.

Öyleyse hedef kutuda bu iki satıra ait hücrelere 3 rakamı gelemez.

Hedef kutuda geriye kalan satırda sadece bir hücre boştur.

Öyleyse, 3 sayısı kutuda sadece bu boş hücreye gelebilir.

Hariç tutma taktiği, belirli bir hedef hücreye gelmesi gereken sayıyı belirlerken 1'den 9'a kadar olan olasılıkları hedefin bulunduğu kutu içindeki, satırdaki ve veya sütündeki bütün sayıları göz önüne alarak dışlayabilme işlemini gerektirmektedir. Örneğin kutuda içinde 1'den 8'e kadar bütün sayılar varsa sadece kutu dikkate alınarak boş kalan tek hücreye 9 sayısının geleceği çıkarımı yapılabilir. Bu örnek sadece kutudaki sayılara bakılarak çözülebildiği için çok basit bir hariç tutma taktiği gerektirir. Ancak Sudoku bulmacalarında özellikle başlangıçta böyle kolay sayı belirleme durumları yoktur. Çoğunlukla Şekil 2b'de olduğu gibi hem kutu içindeki birkaç sayının, hem hedefin bulunduğu satır ve hatta sütündeki sayıların hepsi birlikte dikkate alındığında 1 ile 9 arası sayıların çoğunu dışlamak mümkün olur ve elde kalan sayı ile belirli bir hücre için çözüm sağlanır. Şekil 2b'deki durumda önermeler ve geçerli çıkarım şöyle olacaktır:

2 ile 9 arası bütün sayılar hedef hücrenin bulunduğu kutu, satır ve sütunda halihazırda mevcuttur.

Öyleyse, hedef hücreden olasılık olarak dışlanabilir.

Öyleyse, hücreye gelecek sayı geriye kalan 1 sayıdır.

İleri düzey taktiği, bir veya birden fazla hücre için bir dizi ön olasılıklardan elemeler yaparak ihtimalleri en aza indirme ve bir hücredeki sayıyı bulma işlemidir. İleri düzey zihinsel adımları atılırken olasılıkların elenmesinde hariç tutma ve dahil tutma taktikleri kullanılır. Örneğin Şekil 2c'de aynı sütunda bulunduğu için 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 sayıları dışlandığında, hedef kutu içinde kalan sütunun 3 boş hücrelerinin her biri için 1, 2, 3 olasılıkları geçerli olur (hariç tutma taktiği ile olasılıkları belirleme). Ancak hedefin yanındaki kutuların iki satırında aynı sayının, yani '1' sayısının olduğu göz önüne alındığında üç boş hücreden ikisine 1'in gelme ihtimali kalmaz (dahil tutma taktiği ile olasılıklardan eleme yapma) ve böylece geriye kalan boş hücreye gelecek sayının 1 olduğu bulunmuş olur.

Sudoku bulmacalarındaki zorluk derecelerine etki eden faktörleri inceleyen Lee ve arkadaşları (2008)

çalışmalarında bir de önceden öngörmedikleri bir sonuçla karşılaşmıştır. Deneyimsiz katılımcıların hariç tutma taktiğini dahil tutmadan anlamlı derecede daha fazla kullandığı görülmüştür. Araştırmacılar bu sonucu, hariç tutma taktiğinin diğerinden daha kolay olmasına bağlamıştır. Hariç tutmada hedef hücrenin bulunduğu satır, sütun ve 3x3'lük kutu taranır. Dahil tutma ise hedef kutunun dışındaki satır ve sütunlarda aynı sayının var olup olmadığına bakılmasını gerektirir (Lee ve ark., 2008). Dolayısıyla, hedef hücrenin bulunduğu yerin dışındaki satır ve sütunlara dikkatin çevrilmesi ve çıkarımın hedef dışı satır ve sütunlar üzerinden yapılması şarttır. Bu durum dahil tutma taktiğinin kullanılması güçleştirir. Aslında deneyimsiz Sudoku oyuncularının başlangıçta hedef hücreye yönelik çıkarımlar yapmaları ve hedeften uzak yerler üzerinden akıl yürütmemeleri beklenebilir bir sonuçtur. Diğer taraftan, Lee ve arkadaşlarının (2008) vurguladığı gibi, dahil tutma basit taktiklerden biridir ve dolayısıyla Sudoku çözme deneyimi olanların bunu diğer basit taktik (hariç tutma) kadar iyi kullanması beklenir. Ancak hedeften uzak yerlere yönelip akıl yürütmek usta olmayan, deneyimli katılımcılar için de nispeten zor olabilir. Lee ve arkadaşları hariç tutma taktiğinin üstünlüğünü gösteren araştırmalarında sadece deneyimsiz katılımcılar kullanmıştır. Bu nedenle, Sudoku deneyimi olanlarla deneyimsiz katılımcıları kullandıkları taktikler bakımından karşılaştıracak bir çalışmaya ihtiyaç vardır.

Mevcut araştırmanın amacı deneyimin dahil tutma, hariç tutma ve ileri düzey taktiklerinin kullanılmasına etkisini incelemektir. Bulmacanın kurallarını iyi bilen, kolay ve orta düzey zorluk derecelerindeki bulmacaları günlük hayatta bazen veya sıklıkla çözdüğünü belirten katılımcılar deneyimli katılımcı olarak araştırmaya alınmıştır. Özellikle iki basit taktiğin kullanımını karşılaştırmayı hedefleyen bu çalışmada performansta tavan etkisi olmaması için zor ve çok zor derecelerdeki bulmacaları sıklıkla çözen usta denilebilecek düzeyde olan kişiler araştırmaya dahil edilmemiştir.

Sudokuda bir hücrenin çözümü için akıl yürütülürken bulmacada yer alan bütün sayılara ihtiyaç yoktur. Bir taktiğin kullanımı için gerekli olmayan rakamlar 'çeldirici rakamlar' olarak tanımlanabilir. Bu çalışmanın diğer bir hedefi, bir çıkarımın yapılması için gerekli olmayan çeldiricilerin bulmacada yer almasının taktiklerin kullanımını ne derece etkilediğini araştırmaktır. Çeldiricilerin olmadığı durumda özellikle daha önce Sudoku çözmemiş katılımcıların doğal usulamlama yeteneklerini kullanarak taktikleri daha kolay bulmaları beklenmektedir. Mevcut araştırma, deneyimli ve deneyimsiz katılımcıların akıl yürütmeye gerekli sayıları içeren Sudoku bulmacalarında (çeldirici-siz koşul) kullandıkları taktikleri karşılaştırması bakımından diğer çalışmalardan farklıdır.

Deney I

Yöntem

Örneklem ve Araştırma Deseni

Araştırmaya İstanbul Üniversitesi'nde okuyan 21'i kadın ve 21'i erkek olmak üzere 42 öğrenci katılmıştır. Araştırma deseninde Sudoku bilme seviyesi (deneyimsiz ve deneyimli) denekler arası değişken, Sudoku çözme taktiği (dahil tutma, hariç tutma, ileri düzey taktikleri) ve çeldirici durumu (çeldirici sayılar var ve çeldirici yok) denek içi değişkenler olarak alınmıştır. Yirmi katılımcı ($Ort_{yas} = 22.65$, $S = 3.85$) hiç Sudoku çözmediğini ve kurallarını bilmediğini beyan ettiği için deneyimsiz gruba, 22 katılımcı ($Ort_{yas} = 21.32$, $S = 1.70$) ise deneyimli gruba dahil edilmiştir. Deneyimli katılımcılar kolay veya orta zorluk derecelerindeki bulmacaları günlük hayatlarında bazen veya sıklıkla çözdüklerini beşli ölçek (1 = hiç, 5 = sık sık) üzerinde 4 veya 5'i işaretleyerek belirtmişlerdir.

Veri Toplama Araçları ve İşlem

Katılımcılar bireysel olarak bir deney odasında uygulamaya alınmıştır. Bütün katılımcılara Arıkan ve Çeçen'in (2007) Sudoku kitabındaki giriş bilgilerine benzer bir şekilde Sudoku bulmacası ve kurallarıyla ilgili bilgiler verilmiştir ama çözme taktikleri konusunda hiçbir bilgi verilmemiştir. Çalışma bütün bir bulmacanın çözümünü gerektirmemiştir. Katılımcılara ekran üzerinde bir hücrede soru işareti olan bulmacalar gösterilmiş ve her bir bulmacada sadece soru işareti bulunan hücreye gelmesi gereken sayının bulunması istenmiştir. Bulmacaların sunumu ve katılımcıların tepkilerinin kayıtları (doğru tepkisi ve reaksiyon zamanı) Eprime programı üzerinden yapılmıştır. Üç farklı taktikten birinin kullanımını gerektiren (dört dahil tutma, dört hariç tutma ve dört ileri düzey taktiğinin kullanımını gerektiren) 12 bulmaca hazırlanmıştır. Ayrıca bu bulmacaların her biri çeşitli açılardan döndürülerek çeldiricilerin olmadığı 12 bulmaca daha hazırlanmıştır. Döndürme işlemi Şekil 3'te verilen örnek bulmacada olduğu gibi yapılmıştır. Sudoku, 90 veya 180 gibi derecelerle döndürüldüğünde bulmaca içerisinde hedef hücrenin görünüşteki yeri değişmektedir ama çıkarım yapmada kullanılacak sayıların hedef hücre ile ilişkileri aynı kalmaktadır.

Örnekte görüldüğü gibi döndürme yapıldıktan sonra çeldiriciler kaldırılmış ve hatta sayılar üzerinde de değişiklik (9 yerine 3) yapılmıştır. Böylece, hedef hücrenin çözümü bakımından aynı olan bir Sudoku problemi farklı sayılarla ve farklı açıdan katılımcılara sunulurken, bulmacanın daha önce karşılaşılmış bir problem olarak tanınması engellenmiştir. Sonuç olarak katılımcılar, fark etmeseler de, çeldiricili ve çeldirici-

a) Çeldiricili Koşul

		1		9		2	7	
					2		5	
2					3			
	8			1	4			
							4	
1				8				
				9				7
	1			3		9		
?	4	6		7				

b) Çeldiricisiz Koşul

							3	
							3	
								4
								6
								?

Şekil 3. Çeldiricili ve Çeldiricisiz Koşullarda Kullanılan Dahil Tutma Taktiği Gerektiren Sudoku Problemi

siz koşullarda birbirine denk bulmacalar çözmüşlerdir. Örneğin, Şekil 3a'daki bulmaca dahil tutma taktiği ile çözülebilir. İlk olarak soru işaretli hedef hücrenin olduğu satırın ve 3x3'lük kutunun dışında kalan iki satırda aynı sayının, 9 sayısının olduğunun görülmesi; ikinci olarak bu sayıların hizasında hedef kutu içerisindeki boş hücrelere 9'un gelemeyeceği çıkarımının yapılması; üçüncü olarak hedef kutuda en alt satırdaki iki hücrenin 6 ve 4 sayıları ile dolu olduğunun görülmesi; ve sonuç olarak 3x3'lük kutu içerisinde 9 sayısının gelebileceği tek hücrenin soru işaretli hücre olduğu vargısına ulaşılması gerekir. Şekil 3b'deki döndürme yoluyla elde edilmiş çeldiricisiz bulmacada da benzer bir akıl yürütme işleminin 3 sayısı ile ilgili olarak yapılması icap eder. Çeldiriciler olmadığından hedef kutu dışında kalan 3 sayıları kolayca fark edilebilir. Ancak bunun fark edilmesi yeterli değildir. Hedef kutu içerisindeki ilgili sütunlardaki boş hücrelere 3 sayısının gelemeyeceği çıkarımının da yapılarak, 3 sayısının hedef kutu içerisinde gelebileceği tek yerin soru işaretli hücre olduğu vargısına ulaşılması gerekir. 3x3'lük kutu içerisinde 3 sayısı için başka bir olasılık söz konusu değildir.

Her bir katılımcı çeldiricili koşulda 12, çeldiricisiz koşulda 12 olmak üzere toplam 24 Sudoku problemini çözmek durumunda kalmıştır. Katılımcılar ya önce çeldiricili koşula sonra diğerine veya bunun tersine, önce çeldiricisiz koşula sonra diğer koşula alınmıştır. Böylece karşıt dengeleme yapılmıştır. Her bir bulmaca ekranda tepki verilmemişse 4 dakika süreyle kalmıştır ve bu süre sonunda ekranda 'tepki yok' yazısı belirerek bir sonraki bulmacaya geçilmiştir. Dört dakika dolmadan tepki verildiğinde ise tepkinin doğru olup olmadığını ve tepki zamanını gösteren geribildirim bilgisinden sonra ekranda yeni bulmaca belirmiştir. Geribildirim verilmediği durumda özellikle deneyimsiz katılımcılar, yanlış yaptıklarını bilmediklerinden, akıl yürütmeyi bırakıp aynı yanlış mantığı kullanmaya devam edebilir. Verilen geribildirim bu durumun oluşmasını engellediği düşünülmüştür. Ayrıca her dört bulmacanın çözümünden sonra birkaç dakikalık bir ara verilmiş ve katılımcılardan bulmaca çözerken kullandıkları stratejileri bir iki cümle ile belirtmeleri istenmiştir. Böylece katılımcıların bir iki dakika ekrana odaklanmayı bırakıp dinlenmeleri sağlanırken kafalarının içinde neler geçtiğine dair biraz gözlem yapma imkanı da olmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Tablo 1 çeldiricili ve çeldiricisiz koşullarda dahil tutma, hariç tutma ve ileri düzey taktikleri gerektiren bulmacaların çözümünde üretilen ortalama doğru tepki sayısı ve reaksiyon zamanlarını ilgili standart sapma değerleriyle birlikte göstermektedir. Doğru tepki ölçümlerinden elde edilen veriler taktik türü (dahil tutma, hariç tutma ve ileri düzey taktikleri), çeldirici durumu (çeldiricili ve çeldiricisiz) denek içi değişkenler

ve Sudoku deneyimi (deneyimli ve deneyimsiz) denekler arası değişken olarak alınarak 3x2x2 ANOVA analizi ile incelenmiştir. Analiz sonuçları taktik türü ($F_{2,80} = 78.38, p < .001, \eta^2 = .66$), çeldirici durumu ($F_{1,40} = 42.47, p < .001, \eta^2 = .52$) ve Sudoku deneyimi ($F_{1,40} = 7.56, p < .01, \eta^2 = .16$) değişkenlerinin temel etkilerinin anlamlı olduğunu göstermiştir. Taktik türü değişkeninin, deneyim değişkeni ($F_{2,80} = 5.87, p < .01, \eta^2 = .13$) ve çeldirici durumu değişkeni ($F_{2,80} = 6.62, p < .01, \eta^2 = .14$) ile etkileşimleri de anlamlıdır. Ancak çeldirici durumu ile deneyim arasında anlamlı bir etkileşim bulunamamıştır ($F_{1,40} = 2.04, p > .05, \eta^2 = .05$). Sonuçlar deneyimli ve deneyimsiz katılımcılar arasında belirli taktikleri kullanma davranışları bakımından farklılığın olduğunu işaret etmektedir. Bulgular çeldiricilerin olmadığı durumda taktiklerin kullanılmasının kolaylaşacağı beklentisini de doğrulamaktadır. Ancak deneyim ile etkileşim anlamsız çıktığı için çeldiricilerin kaldırılmasının bütün katılımcıların performansında benzer bir etkiye neden olduğu söylenebilir.

Çoklu karşılaştırma analizleri (Bonferroni) deneyimli katılımcıların hariç tutma (çeldiricili $Ort. = 3.64, S = .66$; çeldiricisiz $Ort. = 3.86, S = .47$) ve dahil tutma (çeldiricili $Ort. = 2.45, S = 1.37$; çeldiricisiz $Ort. = 3.27, S = 1.28$) olarak bilinen iki basit taktiği gerektiren bulmacaları ileri düzey bulmacalarından (çeldiricili $Ort. = 1.45, S = .96$; çeldiricisiz $Ort. = 1.82, S = 1.01$) anlamlı derecede daha iyi çözdüklerini göstermiştir ($p < .001$). Ayrıca, deneyimli katılımcıların hariç tutma bulmacaları üzerindeki performanslarının dahil tutma durumundakinden anlamlı derecede daha iyi olduğu da bulgulanmıştır ($p < .01$). Deneyimli katılımcıların aksine, deneyimsiz katılımcıların dahil tutma basit taktiğini gerektiren bulmacalar üzerindeki perfor-

Tablo 1. Deneyimli ve Deneyimsiz Katılımcıların Çeldiricili ve Çeldiricisiz Koşullarda Hariç Tutma, Dahil Tutma ve İleri Düzey Taktiklerini Kullanma Performansları

	Deneyimli Katılımcılar			Deneyimsiz Katılımcılar		
	Hariç Tutma	Dahil Tutma	İleri Düzey	Hariç Tutma	Dahil Tutma	İleri Düzey
Çeldiricili Koşul	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>
Doğru Tepki	3.64 (.66)	2.45 (1.37)	1.45 (.96)	3.55 (.61)	1.00 (.86)	1.40 (.88)
Reaksiyon Zamanı (milisaniye)	23060.09 (9659.56)	54459.33 (23992.32)	64741.47 (34063.04)	28151.79 (12967.53)	76173.87 (37328.49)	70201.94 (42541.33)
Çeldiricisiz Koşul	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>	<i>Ort. (S)</i>
Doğru Tepki	3.86 (.47)	3.27 (1.28)	1.82 (1.01)	3.90 (.31)	2.55 (1.73)	1.70 (.98)
Reaksiyon Zamanı (milisaniye)	12750.59 (12198.20)	27200.78 (22363.28)	51227.26 (36264.98)	14798.51 (6004.50)	54398.30 (41072.27)	48926.09 (30457.84)

manslarının (çeldiricili $Ort. = 1.00$, $S = .86$; çeldiricisiz $Ort. = 2.55$, $S = 1.73$) ileri düzey bulmacalarındaki (çeldiricili $Ort. = 1.4$, $S = .88$; çeldiricisiz $Ort. = 1.7$, $S = .98$) kadar kötü olduğu görülmüştür ($p > .05$). Buna karşılık deneyimsiz katılımcılar hariç tutma taktiğini gerektiren bulmacaları (çeldiricili $Ort. = 3.55$, $S = .61$; çeldiricisiz $Ort. = 3.9$, $S = .31$) diğer iki taktiği gerektiren bulmacalardan anlamlı derecede daha iyi çözebilmiştir ($p < .001$). Her bir taktik için yapılan 2 (deneyim) x 2 (çeldirici durumu) ANOVA sonuçları dahil tutma taktiğini gerektiren bulmacaların deneyimli katılımcılar tarafından anlamlı derecede daha doğru çözüldüğünü göstermiştir ($F_{1,40} = 9.58$, $p < .01$, $\eta^2 = .19$). Ancak deneyimli ve deneyimsiz gruplar arasında hariç tutma ($F_{1,40} = .04$, $p > .05$, $\eta^2 = .001$) ve ileri düzey taktiği gerektiren bulmacalar ($F_{1,40} = .16$, $p > .05$, $\eta^2 = .004$) bakımından anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Reaksiyon zamanı verileri taktik türü (dahil tutma, hariç tutma ve ileri düzey taktikleri), çeldirici durumu (çeldiricili ve çeldiricisiz) denek içi değişkenler ve Sudoku deneyimi (deneyimli ve deneyimsiz) denekler arası değişken olarak alınarak 3x2x2 ANOVA analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar taktik türü ($F_{2,80} = 62.52$, $p < .001$, $\eta^2 = .61$) ve çeldirici durumu ($F_{1,40} = 20.08$, $p < .001$, $\eta^2 = .33$) değişkenlerinin temel etkilerinin anlamlı olduğunu göstermiştir. Ama Sudoku deneyiminin reaksiyon zamanlarına genel etkisi anlamlı düzeyde değildir ($F_{1,40} = 3.23$, $p = .08$, $\eta^2 = .08$). Taktik türü ile deneyim değişkenleri arasında anlamlı bir etkileşim olduğu görülürken ($F_{2,80} = .563$, $p < .01$, $\eta^2 = .12$) diğer değişkenler arasında anlamlı etkileşimler bulunamamıştır. Çoklu karşılaştırma (Bonferroni) analizleri, deneyimli katılımcıların hariç tutma (çeldiricili $Ort. = 23060.09$ milisaniye, $S = 9659.56$; çeldiricisiz $Ort. = 12750.59$ milisaniye, $S = 12198.20$) ve dahil tutma (çeldiricili $Ort. = 54459.33$ milisaniye, $S = 23992.32$; çeldiricisiz $Ort. = 27200.78$ milisaniye, $S = 22363.28$) olarak bilinen iki basit taktiği gerektiren bulmacaları çözerken ileri düzey bulmacalarından (çeldiricili $Ort. = 64741.47$ milisaniye, $S = 34063.04$; çeldiricisiz $Ort. = 51227.26$ milisaniye, $S = 36264.98$) anlamlı derecede daha az zaman kullandıklarını göstermiştir ($p < .05$). Ayrıca, deneyimli katılımcılar hariç tutma bulmacalarının çözümüne dahil tutma bulmacalarından anlamlı derecede daha az zaman harcamıştır ($p < .001$). Deneyimli katılımcıların aksine, deneyimsiz katılımcılar dahil tutma basit taktiğini gerektiren bulmacalar üzerinde (çeldiricili $Ort. = 76173.87$ milisaniye, $S = 37328.49$; çeldiricisiz $Ort. = 54398.30$ milisaniye, $S = 41072.27$) ileri düzey bulmacaları kadar (çeldiricili $Ort. = 70201.94$ milisaniye, $S = 42541.33$; çeldiricisiz $Ort. = 48926.09$ milisaniye, $S = 30457.84$) zaman harcamıştır ($p > .05$). Buna karşılık deneyimsiz katılımcılar hariç tutma taktiğini gerekti-

ren bulmacaları (çeldiricili $Ort. = 28151.79$ milisaniye, $S = 12967.53$; çeldiricisiz $Ort. = 14798.51$ milisaniye, $S = 6004.50$) diğer iki taktiği gerektiren bulmacalardan anlamlı derecede daha hızlı çözebilmiştir ($p < .001$). Her bir taktik için yapılan detaylı analizler deneyimli katılımcıların dahil tutma bulmacalarını çözerken deneyimsiz katılımcılardan anlamlı derecede daha az zaman kullandıklarını göstermiştir ($F_{1,40} = 10.92$, $p < .01$, $\eta^2 = .21$). Ancak hariç tutma ($F_{1,40} = 2.44$, $p > .05$, $\eta^2 = .06$) ve ileri düzey taktiği gerektiren bulmacalar ($F_{1,40} = .03$, $p > .05$, $\eta^2 = .001$) açılarından deneyimli ve deneyimsiz grupların reaksiyon zamanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

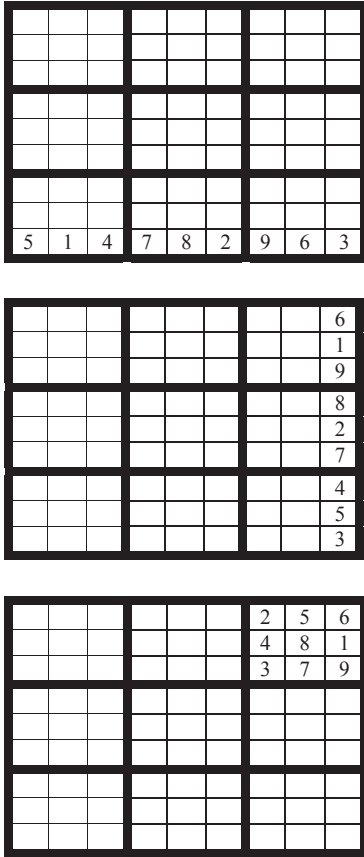
Sonuç olarak araştırmanın bulguları deneyimsiz katılımcıların dahil tutma taktiğini gerektiren bulmacalar üzerinde daha çok zaman harcayıp, hariç tutma bulmacalarına kıyasla, daha az doğru çözdüklerini göstermektedir. Bu sonuç Lee ve arkadaşlarının araştırma bulgularını destekler niteliktedir. Dahası burada basit taktiklerden biri olduğu düşünülen dahil tutma taktiğinin deneyimli katılımcılar tarafından da hariç tutma taktiği kadar iyi kullanılmadığı görülmüştür. Ancak yine de deneyimli grubun dahil tutma taktiği performansı ileri düzey taktiklerinden daha başarılıdır. Bu sonuçlar, usta olmayan kolay ve orta derece zorluğu olan bulmacaları günlük hayatlarında çözen deneyimli kişilerin, hedef hücrenin satır ve sütunları dışında kalan hücreler üzerinden akıl yürütmeyi gerektiren, dahil tutma taktiğini çok iyi bilmediklerini ortaya koymaktadır. Özetle, deneyimli katılımcılar için üç taktik bir zorluk sırasına konulabilmektedir (kolaydan zora doğru): Hariç tutma, dahil tutma ve ileri düzey taktikleri.

Deneyimsiz katılımcıların hariç tutma taktiğini deneyimli katılımcılar kadar iyi kullanabildiğini gösteren bulgu ilgi çekicidir ve akla acaba yönergede verilen bilgilerin bununla bir ilgisi olabilir mi sorusunu getirmiştir. Yönergenin belirli bir taktiğin düşünülmesini kolaylaştırıcı bilgiler içermesi konusu hiç Sudoku bulmacası çözmemiş katılımcılar üzerinde yapılan bir çalışma ile araştırılmıştır.

Deney II

Basit taktiklerin birinin diğerinden daha iyi kullanılmasına etki edebilecek diğer bir faktör Sudoku bulmacası ile ilgili verilen bilginin içeriği olabilir. Sudoku bulmacasının kuralları anlatılırken 1 ile 9 arasındaki sayıların sadece birer defa kullanılabilmesine dair bir vurgu yapılır. Bu vurgu, deneyimsiz katılımcıları 1'den 9'a kadar sayıların her birinin hedef hücreye gelip gelemeyeceğini düşünmeye yönlterek hariç tutma taktiğini kullanmalarını kolaylaştırıyor olabilir. Bu olasılığı araştırmak için ikinci deneyde Sudoku bulmacasının kurallarını anlatan iki farklı yönerge ha-

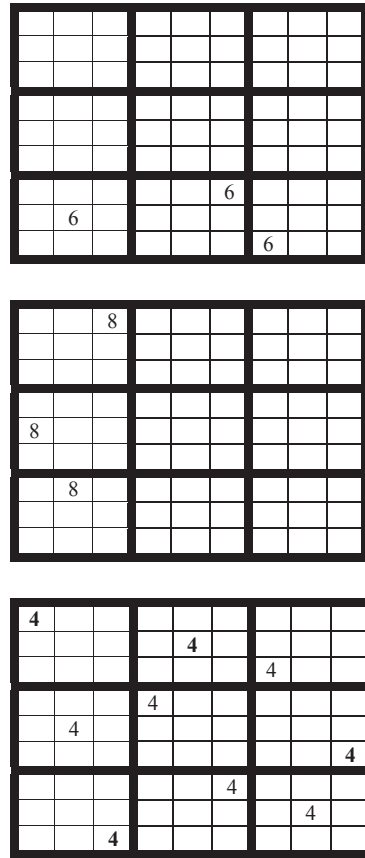
zırlanmıştır. Bunlardan birinde 1'den 9'a kadar rakamların 3x3'lük her bir kutu içerisinde, her bir satır ve her bir sütunda sadece birer kere kullanabileceği Şekil 4'te verilen 3 örnekle açıklanmıştır. Bu örneklerin deneyimsiz katılımcıları hariç tutma taktiğine yönelteceği düşünülmüştür.



Şekil 4. Hariç Tutma Yönergesi Örnekleri (Sıra, Sütun ve Kutu için)

İkinci yönergede ise 3x3'lük her bir kutu içerisinde, her bir satırda ve her bir sütunda her rakamdan sadece bir tane olabileceği Şekil 5'te verilen 3 örnekle açıklanmıştır. Örneklerde aynı sayının üç satır veya sütun halinde başka hiçbir sayı olmadan gösterilmesi, mesela 6 sayısının üç satır üzerinde verilmesi, bu yönergeyi alanlara aynı sayıların izini sürerek buldukları satırlardan o sayıyı elemeleri, bulunmadığı satıra ise dahil etmeleri gerektiğini düşündürebilir. Dolayı-

sıyla eğer yönergedeki bilgilerin taktik kullanımına etkisi varsa bu örnekler deneyimsiz katılımcıları dahil tutma taktiğine yöneltebilir. Yönergenin anlamlı etkisi bulunursa, hariç tutma taktiğinin üstünlüğü sadece giriş bölümünde verilen görüş (hedefin bulunduğu satır, sütun ve kutu üzerinden çıkarım yapmayı gerektirmesi) ile açıklanamaz. Yönerge bilgisinin de bunda rolü olduğu iddia edilebilir.



Şekil 5. Dahil Tutma Yönergesi Örnekleri (Sıra, Sütun ve Kutu için)

Yöntem

Örneklem ve Araştırma Deseni

Araştırmaya İstanbul Üniversitesi'nde okuyan ve hiç Sudoku bulmacası çözmediğini beyan eden altı kadın ve on erkek olmak üzere 16 öğrenci ($Ort_{yaş} = 22.50$, $S = 4.16$) katılmıştır.

Veri Toplama Araçları ve İşlem

Bu deneyde iki basit taktik olduğu düşünülen hariç tutma ve dahil tutma taktiklerini gerektiren 8 bulmaca kullanılmıştır. Dört hariç tutma bulmacası ve dört dahil tutma bulmacası çeldirici sayılar da içermiştir ve kağıt üzerinde katılımcılara tek tek sunulmuştur. Yanıtlar bulmaca üzerindeki soru işaretli hücelere yazılarak alınmıştır. Bu deney için yukarıda bahsi geçen iki farklı yönerge hazırlanmıştır: Hariç tutma yönergesi ve Dahil tutma yönergesi. Deneyimsiz katılımcılar verilecek yönergeye göre iki gruba ayrılmıştır. Her iki gruba da Sudoku bulmacasının genel özellikleriyle ilgili aynı bilgiler verilmiştir. Daha sonra, kurallar açıklanırken hariç tutma yönergesinde Şekil 4'teki örnekler tek tek işaret edilerek her kutu içerisinde, her bir satırda ve her bir sütunda 1'den 9'a kadar sayıların birer kere kullanabileceği açıklaması verilmiştir. Buna karşılık dahil tutma yönergesinde Şekil 5'teki örnekler tek tek işaret edilerek bir kutu içerisinde, bir satır ve bir sütunda her bir sayıdan (örn., 6) sadece bir tane olabileceği açıklaması verilmiştir.

Eğer verilen bilgi belirli bir taktiğin düşünülmesini kolaylaştırıyor ise yönergenin hemen ardından o taktiğin kullanılmayacağı, başka bir taktiği gerektiren, bulmacaların verilmesi halinde deneyimsiz katılımcılar yöneltildikleri taktikten uzaklaşabilir, taktiği kullanmayı bırakabilir. Böyle bir durumda yönergenin etkisi gözlemlenemez. Bu nedenle, Deney 2'de hariç tutma yönergesi verilen katılımcılara önce hariç tutma bulmacaları verilmiş ve sonra dahil tutma bulmacaları verilmiştir. Dahil tutma yönergesi alan katılımcılara ise önce dahil tutma bulmacaları verilmiş ve sonra hariç tutma bulmacaları verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Hariç tutma yönergesi alan grupla dahil tutma yönergesi alan grubun performansları Mann Whitney U analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar dahil tutma taktiğini gerektiren bulmacaları çözme bakımından iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir (hariç tutma yönergesi grubu $Ort. = .62$, $S = .74$; dahil tutma yönergesi grubu $Ort. = 1.38$, $S = 1.3$; $U = 21.5$, $p > .05$). Benzer şekilde, grupların hariç tutma taktiğini gerektiren bulmacaları çözme performansları arasında da anlamlı bir fark bulunamamıştır (hariç tutma yönergesi grubu $Ort. = 3.12$, $S = .99$; dahil tutma yönergesi grubu $Ort. = 3.38$, $S = .74$; $U = 28$, $p > .05$). Ama eşleştirilmiş örneklemli Wilcoxon testi sonuçları her iki grubun da hariç tutma bulmacalarını dahil tutma bulmacalarından anlamlı derecede daha doğru çözdüklerini göstermiştir (hariç tutma yönergesi grubu için $Z = -2.59$, $p < .05$; dahil tutma yönergesi grubu için $Z = -2.40$, $p < .05$). Bu sonuçlar katılımcıları basit

taktiklerden birini kullanmaya yöneltmede yönergenin içeriğinde verilen bilginin anlamlı bir rolünün olmadığını, yönerge dahil tutma taktiğini çağrıştıracı örnekler ve bilgiler içerse de hariç tutma taktiğinin daha fazla kullanıldığını göstermektedir. Yönerge belirli bir taktik yanlılığına sebep olmadığına göre iki taktiğin gerektirdiği usullama işlemleri arasındaki farkın hariç tutma taktiğinin üstünlüğünü daha iyi açıkladığı sonucuna varılabilir. Dahil tutma taktiği hedef hücrenin satırı veya sütunu yerine hedeften uzak satır veya sütunlardaki hücreler üzerinden akıl yürütme işlemlerini gerektirdiği için kullanılması nispeten zor zihinsel adımlar içerir.

Genel Tartışma

Bu makalede yer alan araştırma, Lee ve arkadaşlarının (2008) araştırma bulguları üzerine tasarlanmış ve Sudoku bulmacalarının çözümünde çıkarım yaparken izlenen zihinsel adımlardaki farklılıkları inceleyen az sayıdaki çalışmadan biridir. Deneyimin, farklı yönerge bilgilerinin ve çıkarımın yapılmasına faydası olmayan çeldirici rakamların dahil tutma, hariç tutma ve ileri düzey taktikleri gerektiren bulmacaların çözümüne etkileri araştırılmıştır.

Lee ve arkadaşlarının önceden öngörmedikleri halde araştırmalarında saptadıkları hariç tutma taktiğinin kullanım üstünlüğü, mevcut bulgularla desteklenmiştir. Aslında Lee ve arkadaşları bu saptamayı yaptıkları birinci deneylerinde, bütün bir bulmacada istedikleri hücreyi çözme serbestliği olan deneyimsiz katılımcıların, 15 dakikalık süre içinde hangi taktikleri tercih ettiklerine bakmıştır. Dolayısıyla o çalışma, katılımcıların hariç tutma taktiği gerektiren hücreleri çözmeye daha meyilli olduklarını göstermiştir. Buradaki çalışmada ise hariç tutma ve dahil tutma taktiklerini gerektiren eşit sayıda hücre üzerindeki performanslar karşılaştırılmıştır. Gerçi Lee ve arkadaşlarının ikinci deneyinde farklı taktiklerin kullanımını gerektiren belirli hücrelerin çözümünün istendiği bir uygulama yapılmıştır. İkinci deneylerde elde ettikleri bulguları gösteren tabloda verilen doğru tepki yüzdeleri, yine hariç tutma taktiğinin dahil tutma taktiğine göre üstün olduğunu göstermektedir. Ancak bu bulgu ilişkisel komplekslik konusuna odaklanmış bu araştırmacıların ilgisini çekmemiştir ve bir yorumda bulunmamışlardır. Bu nedenle iki ayrı taktiği gerektiren hücreler üzerindeki performansları karşılaştıran mevcut araştırmaların bulguları deneyimsiz katılımcıların dahil tutma taktiğinin gerektirdiği durumlarda daha çok başarısız olduklarını göstermesi bakımından önemlidir. Ayrıca, ileri düzey taktiği gerektiren bulmacalar üzerindeki performansla da karşılaştırma yapılmıştır ve bu basit olduğu düşünülen taktiğin deneyimsiz katılımcılar için ileri düzey taktiği kadar zor olduğu saptanmıştır. Reaksiyon

zamanı ölçümleri üzerinde yapılan analizler de buna paralel sonuçlar göstermiştir. Deneyimsiz katılımcıların dahil tutma bulmacalarına çözüm üretmesi ileri düzey taktiği gerektiren bulmacaların çözümü kadar çok zaman almıştır. Ayrıca, bu katılımcıların deneyimli katılımcılardan anlamlı derecede daha fazla zamanı dahil tutma bulmacaları için harcadıkları görülmüştür.

Bu araştırma sonuçları Sudoku çözme deneyimine sahip olan katılımcıların da dahil tutma taktiğini hariç tutma kadar kolay kullanmadıklarını göstermiştir. Ancak yine de deneyimli katılımcılar dahil tutma bulmacalarını deneyimsiz katılımcılardan daha kısa sürede ve daha iyi çözebilmişlerdir. Dahası, deneyimli katılımcılar dahil tutma yöntemini ileri düzey taktiğinden anlamlı derecede daha iyi kullanabilmişlerdir. Öte yandan hariç tutma ile karşılaştırıldığında, kolay ve orta derece zorluktaki Sudoku bulmacalarını günlük hayatlarında çözen kişiler için dahil tutma taktiği önceden öğrenilmiş, bilinçli bir şekilde ve kolayca uygulanan basit bir taktik değildir. Uygulamalar sırasındaki gözlemler de bu taktiğin çok bilinçli kullanılmadığına işaret etmiştir. Deney 1’de her dört bulmacada bir katılımcıların birkaç dakika için ekrana odaklanmayı bırakıp kullandıkları stratejileri bir iki cümle ile belirtmeleri istenmiştir. Bu verilen aralardaki gözlemler genel olarak katılımcıların kullandıkları stratejileri ifade etmekte zorlandıklarını göstermiştir. İlginç bir gözlem, hariç tutma ve dahil tutma zihinsel adımları doğru bir şekilde yürütüldüğünde her bir hedef hücre için tek bir olasılık söz konusu olduğu halde, dahil tutma bulmacalarında zihinlerde birden fazla olasılığın doğru olabileceği düşüncesinin egemen olmasıdır. Hariç tutma taktiği durumlarında ise bütün olasılıkların tüketilerek tek sayıya varıldığı hissi ile daha emin yanıt verildiği gözlemlenmiştir. Bu gözlem olasılık yaklaşımının (Oaksford ve Chater, 2001) insanın akıl yürütme davranışını açıklamada daha başarılı olduğu görüşüyle tutarlıdır. Dahil tutma durumunda tek bir sayı üzerinden o sayının gelebileceği hücreler, satırlar veya sütunlar dışlanarak çıkarım yapılmaktadır ve aslında o sayının gidebileceği tek yer bulunmaktadır. O sayı için tek olasılık hedef hücre iken, hedef hücrenin kendisi için başka sayı olasılıkları mümkündür. Hariç tutma durumunda ise hedef hücre için 1 ile 9 arasından eleterek kalan tek sayıdan başka olasılık söz konusu değildir. O halde bütün ihtimallerin tüketildiği hissi de taktikler arasındaki kullanım farklılığına neden olan etkenlerden biri olabilir.

Çeldirici rakamların, yani belirli bir Sudoku hücresinin çözümüne hiç katkısı olmadığı halde bulmacada yer alan rakamların, kaldırılması hem deneyimsiz katılımcıların hem de deneyimli katılımcıların performanslarını yükseltmelerine neden olmuştur. Çeldiriciler arasından uygun rakamları görenek bunlar üzerin-

den çıkarım yapmak daha önce hiç Sudoku çözmemiş kişiler için daha zor olabileceğinden, çeldiricisiz durumdan özellikle deneyimsiz katılımcıların faydalanabileceği düşünülmüştür. Çeldiriciler olmadığında deneyimsiz katılımcıların doğal usullama yetenekleriyle çözüm üretmelerinin kolaylaşacağı öngörülmüştür. Ancak araştırma sonuçları, doğru çözüme ulaşma bakımında, deneyim ile çeldirici durumu arasında anlamlı bir etkileşimin olmadığını göstermiştir. Dahası çeldiricisiz koşulda bazı deneyimsiz katılımcıların yanlış mantıkla doğru cevap verebildiği gözlemlenmiştir. Örneğin dahil tutma bulmacalarında bir sayının hedef kutu dışında olması ve aynı sayıdan birden fazla olması doğru cevap olabilmesi için gerekçe sayılabilmektedir. Çıkarımı yapabileceği çok basit gelen ‘şu iki satıra/sütuna gelebileceğine göre sayının geleceği tek yer bu hücre olmalı’ çözümlemesinin, çeldiricisiz koşulda bazı üniversite öğrencileri tarafından yapılamadığını izlemek ilgi çekicidir. Çeldiricilerin olduğu durumda, ‘bulmacada en çok veya en az tekrarlanan sayının doğru yanıt olduğu’ yanlış çıkarımı gibi, çok genel çıkarımlarla bulmaca çözmeye çalışılanın olduğu da görülmüştür.

Araştırmanın önemli bir diğer bulgusu hariç tutma taktiğinin deneyimsiz katılımcılar tarafından deneyimliler kadar iyi kullanılabilen en basit taktik olduğu saptamasıdır. Hariç tutma taktiğinin kolay gelmesine yönerge içinde verilen bilginin neden olma ihtimali iki farklı yönerge kullanılarak araştırılmıştır. Birinci yönergede 1 ile 9 arası sayıların sadece bir defa kullanılabilmesine dair bilgi bir satır, bir sütun ve bir 3x3’lük kutu içersinde bütün rakamlar gösterilerek verilmiştir. Bu yönergenin 1 ile 9 arasındaki rakamları hedef hücreden tek tek dışlamaya yönelterek hariç tutma taktiğinin kullanımını kolaylaştırabileceği düşünülmüştür. Diğer taraftan ikinci yönergede her bir sayının bir defa kullanılabilmesi bilgisi, aynı sayı her bir satırda, sütunda ve 3x3’lük kutuda diğer sayılar olmadan gösterilerek verilmiştir. Bu yönergenin ise aynı sayı çiftlerinin izini sürmeye yönelterek o sayının bulunduğu satır veya sütundaki hedef hücreye dahil edilmesini sağlayacağı sanılmıştır. Ancak sonuçlar bu beklentileri karşılamamıştır. İki farklı yönergenin verildiği koşullarda elde edilen performanslar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu bulgu yönergede verilen bilgilerin değil, taktiklerin gerektirdiği zihinsel işlemlerin taktiklerden birini diğerine üstün kıldığı fikrini güçlendirmiştir. Özetle, iki ‘basit’ taktiğin kullanımını arasındaki farkın hedeften uzak hücreler üzerinden çıkarım yapma zorluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim ileri düzey taktikler de hedef hücre dışındaki hücrelere gelebilecek sayı olasılıkları üzerinden akıl yürütmeyi gerektirir. Mevcut araştırmaya dayanarak Sudoku bulmacası çözerken insanların he-

def hücrenin bulunduğu satır, sütun ve kutu üzerinden çıkarım yapmaya daha eğilimli olduğu genel sonucu çıkarılabilir.

Kaynaklar

- Arıkan, O. ve Çeçen, S. (2007). *Sudoku1: Son zamanların en popüler bulmacası*. İstanbul: Mikado Yayınları.
- Evans, J. St. B. T. (2003). In two minds: Dual-process accounts of reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 454-459.
- Geurts, B. (2003). Reasoning with quantifiers, *Cognition*, 86, 223-251.
- Gobet, F., Retschitzki, J. ve de Voogt, A. (2004). *Moves in mind: The psychology of board games*. Hove, UK: Psychology Press.
- Gould, W. (2005). *The times Sudoku: The number-placing puzzle, Books 1, 2, and 3*. London: HarperCollins.
- Hayes, B. (2006). Unwed numbers: The mathematics of Sudoku, a puzzle that boasts 'no math required.' *American Scientist*, 94, 12.
- Hopfield, J. J. (2008). Searching for memories, Sudoku, implicit check bits, and the iterative use of not-always-correct rapid neural computation. *Neural Computation*, 20, 1119-1164.
- Johnson-Laird, P. N. (2008). *How we reason*. New York: Oxford University Press Inc.
- Johnson-Laird, P. N. (2005). The history of mental models. K. Manktelow ve M. C. Chung, (Ed.), *Psychology of reasoning: Theoretical and historical perspectives* içinde. Hove, Sussex: Psychology Press.
- Khemlani, S. ve Johnson-Laird, P. N. (2009). Disjunctive illusory inferences and how to eliminate them. *Memory & Cognition*, 37, 615-623.
- Lee, N. Y. L., Goodwin, G. P. ve Johnson-Laird, P. N. (2008). The psychological puzzle of Sudoku. *Thinking & Reasoning*, 14, 342-364.
- Lee, N. Y. L. ve Johnson-Laird, P. N. (2006). Are there cross-cultural differences in reasoning? *Proceedings of the 28th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 459-464.
- Levis, R. (2007). Metaheuristics can solve Sudoku puzzles. *Journal of Heuristics*, 13, 387-401.
- Oaksford, M. ve Chater, N. (2001). The probabilistic approach to human reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 349-357.
- Oberauer, K., Hörnig, R., Weidenfeld, A. ve Wilhelm, O. (2005) Effects of directionality in deductive reasoning: II. Premise integration and conclusion evaluation. *The Quarterly Journal Of Experimental Psychology*, 58A(7), 1225-1247.
- Van der Henst, J. B., Yang, Y. ve Johnson-Laird, P. N. (2002). Strategies in sentential reasoning. *Cognitive Science*, 26, 425-468.

Summary

Mental Steps in Sudoku: Exclusion and Inclusion Tactics

Sevtap Cinan
Istanbul University

Sudoku Puzzles which are popular worldwide depend solely on pure deduction (Johnson-Laird, 2008; Lee & Johnson-Laird, 2006). Lee, Goodwin, and Johnson-Laird (2008) investigated three types of tactics, mental steps that an individual follows in making an inference to determine an unknown digit in Sudoku puzzles. Exclusion tactics require exclusion of 8 digits from a target cell's row, column or/and 3-by-3 box, which would lead to the deduction that the target cell must have the remaining digit. Inclusion tactics, on the other hand, require reasoners to look for occurrences of the same digit in the rows or the columns outside the target cell's row or column but the digit also have to be appropriately aligned with the target's 3-by-3 box so that this digit can be excluded from all of the empty cells of the box except for the target cell where it should be included. In an advanced tactic reasoners keep a record of sets of possible digits in order to use these possibilities to eliminate possibilities from other cells and ultimately from the target cell.

The results of Lee et al.'s (2008) study showed that exclusion tactics were used more than inclusion tactics by their participants who had no prior experience with Sudoku puzzles. Lee et al. stated that they had not predicted this phenomenon. They suggested that one reason for this bias might be that exclusion tactics could be easier than inclusion tactics, because in exclusion tactics inferences are made over the target cell's row, column and 3-by-3 box, whereas in inclusion tactics occurrences of the same digit were searched in rows or columns outside the target cell's field. It can be easier for inexperienced participants to make inferences over the row and the column of the target cell than making inferences over the cells away from the target and using these inferences to determine the target. On the other hand, Lee et al. pointed out that inclusion and exclusion are both basic tactics. Based on this view experienced Sudoku solving

participants would be expected to be equally good at using the two basic tactics.

The present study was set up to replicate and extend the unexpected finding of Lee et al.'s study on Sudoku puzzle solving tactics. Lee et al. employed only naïve participants with no prior experience on Sudoku in their study. Here experienced and inexperienced participants were compared on three types of tactics, inclusion, exclusion and advanced tactics used to solve Sudoku puzzles.

All the digits in a puzzle are not necessary to infer the value of a particular cell; there are unnecessary digits that may distract reasoners from seeing the digits that are necessary to deduce the target digit. In the present study, puzzles with distracter digits and without distracters were used to assess if naïve participants were going to be better at developing a tactic when there were only the digits that have to be used in a tactic.

Experiment I

Method

Participants

Forty two students (21 females and 21 males) from Istanbul University participated in the study. Twenty students ($M_{age} = 22.65$, $SD = 3.85$), reported that they had no prior experience with Sudoku puzzles while the remaining 22 students ($M_{age} = 21.32$, $SD = 1.70$) were experienced in solving Sudoku puzzles.

Materials and Procedure

All the participants were required to infer the value of the digit in a given cell in each of 24 Sudoku puzzles. 12 puzzles included distracter digits which were not necessary to deduce the digit in the target cell. The remaining 12 puzzles contained only the digits necessary

a) Puzzle with Distracters

		1		9		2	7	
						2		5
2					3			
	8			1	4			
1							4	
				8				
			9					7
	1		3			9		
?	4	6		7				

b) Puzzle without Distracters

								3
								3
								4
								6
								?

Figure 1. A Sudoku Problem Requiring an Inclusion Tactic Used in Distracter and Non-Distracter Conditions

for the tactic to be used, there were no distracters. The 12 non-distracter puzzles were constructed from the 12 puzzles with distracter digits by rotating each puzzle in different angles like 90 or 180 degrees (see Figure 1 for an example). When a puzzle is turned around in different directions it may look like a different puzzle but in fact there is no change in the relations among the digits to be used in a tactic. This allows use of two same Sudoku problems in two different conditions. Both in the distracter condition and the non-distracter condition there were 4 puzzles for each tactic: Four puzzles each has a target cell that required the use of an exclusion tactic, 4 required the use of an inclusion tactic and 4 required the use of an advanced tactic. The puzzles were presented and data recorded by using Eprime software.

Results and Discussion

Mean number of target cells solved correctly and mean reaction times were presented in Table 1 as functions of three types of tactics and distracter conditions. 3 tactic types (exclusion, inclusion, and advanced tactics) x 2 distracter condition (distracter and non-distracter conditions) x 2 Sudoku experience (experienced and inexperienced participants) ANOVA showed that main effects of tactic type variable ($F_{2,80} = 78.38, p < .001, \eta^2 = .66$), distracter variable ($F_{1,40} = 42.47, p < .001, \eta^2 = .52$), and Sudoku experience ($F_{1,40} = 7.56, p < .01, \eta^2 = .16$) were significant. There were also significant interactions between tactic types and experience ($F_{2,80} = 5.87, p < .01, \eta^2 = .13$), and between tactic types and distracter condition ($F_{2,80} = 6.62, p < .01, \eta^2 = .14$).

Table 1. Mean Number of Target Cells Solved Correctly and Mean Reaction Times As Functions of Three Types of Tactics and Distracter Conditions

	Experienced Participants			Inexperienced Participants		
	Exclusion	Inclusion	Advanced	Exclusion	Inclusion	Advanced
Distracter Condition	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>
Correct Responses	3.64 (.66)	2.45 (1.37)	1.45 (.96)	3.55 (.61)	1.00 (.86)	1.40 (.88)
Reaction Time (milliseconds)	23060.09 (9659.56)	54459.33 (23992.32)	64741.47 (34063.04)	28151.79 (12967.53)	76173.87 (37328.49)	70201.94 (42541.33)
Non-Distracter Condition	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>	<i>Mean (SD)</i>
Correct Responses	3.86 (.47)	3.27 (1.28)	1.82 (1.01)	3.90 (.31)	2.55 (1.73)	1.70 (.98)
Reaction Time (milliseconds)	12750.59 (12198.20)	27200.78 (22363.28)	51227.26 (36264.98)	14798.51 (6004.50)	54398.30 (41072.27)	48926.09 (30457.84)

The experienced participants employed inclusion tactics more successfully than the naive participants but there were no significant difference between the experienced and the inexperienced groups on the use of exclusion tactics and advanced tactics. The experienced participants solved puzzles that required the use of two basic tactics (inclusion and exclusion) better than those that required advanced tactics but their performance on the exclusion-tactic puzzles were significantly better than that on the inclusion-tactic puzzles. On the other hand, performance of the naive participants on the inclusion-tactic puzzles was as worse as that on the advanced-tactic puzzles.

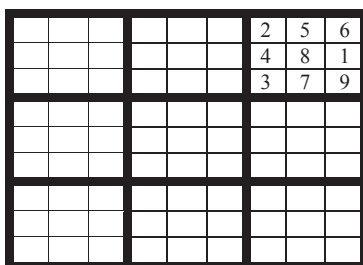
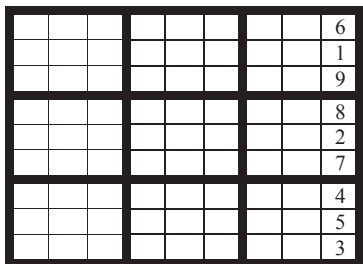
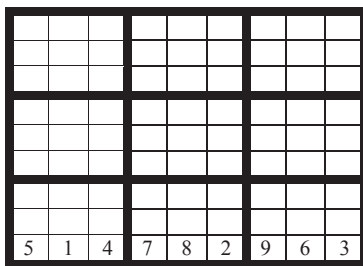
The results supported Lee et al.'s (2008) finding and view that exclusion tactics are easier than inclu-

sion tactics for naive participants. In addition, the present study revealed that the naive participants employed exclusion tactics as good as the experienced participants did but the experienced participants were better at using inclusion tactics than the naive participants. Nevertheless, experienced participants were not able to use inclusion tactics as good as exclusion tactics.

Experiment II

Experiment 2 examined whether or not the instructions given to participants in Sudoku puzzle creates a bias towards to superior use of exclusion tactics. The participants reported that they had no prior experience with Sudoku puzzles.

a)



b)

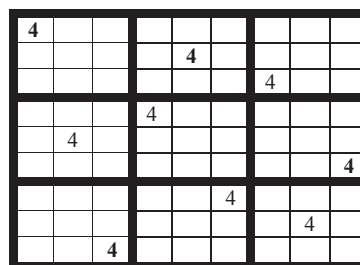
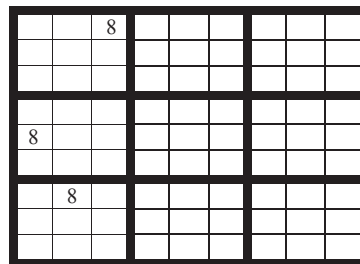
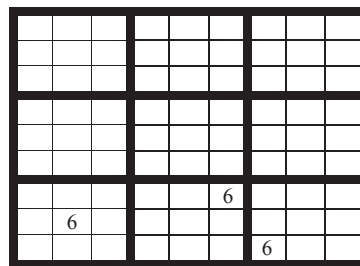


Figure 2. Examples for (a) Exclusion-Tactic Instructions and (b) Inclusion-Tactic Instructions (row, column, and box)

Method

Participants

Sixteen students (6 females and 10 males; $M_{\text{age}} = 22.5$, $SD = 4.16$) from Istanbul University participated in the study.

Materials and Procedure

Two different types of instructions were used: (1) Exclusion-tactic instructions and (2) Inclusion-tactic instructions. One group of naïve participants was given the examples in Figure 2a to explain the rules of Sudoku puzzles. They were told that every digit from 1 to 9 must occur only once and in a row, a column and a 3-by-3 box. In the examples they saw all the numbers from 1 to 9 in a row, a column, and a 3-by-3 box. It was considered that these instructions might lead them to think that each of 8 digits had to be eliminated from the target cell to infer the remaining one digit.

A second group of naïve participants was given the examples in Figure 2b to explain the rules of Sudoku puzzles. These examples had only one same digit in each of three rows, three columns, and 3-by-3 boxes, which might lead the participants to look for occurrences of the same digit to eliminate this digit from the rows, the columns, and the boxes that it was present. This would facilitate the use of inclusion tactics.

Results and Discussion

The results of Mann Whitney U analyses revealed that there was no significant difference between the two groups on the use of exclusion tactics ($U = 28$, $p > .05$) or inclusion tactics ($U = 21.5$, $p > .05$). Despite the fact that they received different instructions, both groups employed exclusion tactics more successfully than inclusion tactics (For the exclusion-tactic instruction group, $Z = -2.59$, $p < .05$; for the inclusion-tactic instruction group, $Z = -2.4$, $p < .05$). Thus, the superior use of exclusion tactics was not due to the biasing affect of the information given in the instructions.

Conclusion

The present study revealed that both experienced and inexperienced participants employ exclusion tactics equally well. The best explanation for the superior use of exclusion tactics was the difference in the requirements of tactics, as suggested by Lee et al. (2008). In exclusion tactics participants focus on the target cell and exclude digits that are in the target cell's row, the target's column, or the target 3-by-3 box, whereas inclusion tactics involve focusing and making inferences on rows and columns outside the target's field.