



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1C0370

EDUCATION SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1C

ISSN : 1308-7274

© 2010 www.newwsa.com

Mesture Kayhan Altay

Aysun Umay

Hacettepe University

mkayhan@hacettepe.edu.tr

Ankara-Turkey

SINIF ÖĞRETMENİ ADAYLARININ HESAPLAMA BECERİLERİ VE SAYI DUYULARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, sınıf öğretmeni adaylarının hesaplama becerileri ile sayı duyuları arasındaki ilişkiyi incelemektir. Araştırmanın örneklemini, Ankara'daki bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesinde öğrenim görmekte olan 81 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Verilerin toplanması aşamasında, araştırmacılar tarafından geliştirilen Sayı Duyusu Testi ve Hesaplama Becerisi Testi kullanılmıştır. Toplanan verilerin analizinde frekans tabloları ve Pearson Korelasyon katsayısından yararlanılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre; öğretmen adaylarının sayı duyularının düşük olduğu, sayı duyuları ve hesaplama becerileri arasında pozitif, zayıf bir ilişki olduğu ($r = 0,33$) bulunmuştur. Ayrıca araştırmanın sonucunda iyi hesap yapmanın üst düzey düşünme becerisini geliştirmek anlamına gelmediği bir kez daha ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sayı Duyusu, Hesaplama Becerisi, Sayılar, Sınıf Öğretmeni Adayları ve Matematik Eğitimi

AN INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CALCULATION ABILITY AND NUMBER SENSE OF PROSPECTIVE ELEMENTARY TEACHERS

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relationship between the calculation ability and number sense of prospective elementary teachers. The sample of the study consists of 81 prospective elementary teachers attending to Faculty of Education which selected from a public university in Ankara. Data were collected by Number Sense Test and Calculation Ability Test developed by the researchers. Frequency tables and the Pearson correlation coefficient were calculated to analyze data. The result of the study indicated that prospective elementary teachers' number sense was low and it was also found that there is a positive and low relation ($r = 0,33$) between number sense and calculation ability for the prospective elementary teachers. Furthermore, the results revealed that high skill in paper and pencil calculation is not necessarily accompanied by number sense.

Keywords: Number Sense, Calculation Ability, Numbers, Prospective Elementary Teachers, and Mathematics Education

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sayı duygusu tanımlanması oldukça zor bir kavramdır. Tanımı ve bileşenleri konusunda birçok araştırmacı tarafından farklı tanımlar ortaya atılsa da en genel tanımıyla sayı duygusu, sayıları esnek bir biçimde kullanma, sayılarla işlemlerde pratik düşünme, en etkin ve kullanışlı çözümü seçme, bazı durumlarda duruma uygun standart olmayan yolları yaratma, problemi kolaylaştırıcı durumlarda kıyaslama (referans) noktasını kullanma, kesirlerde kavramsal düşünme ve kesirlerde farklı gösterim biçimlerini kullanma becerisi olarak tanımlanabilir [6]. Sayı duygusu Amerika'daki Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi'nin (National Council of Teachers of Mathematics) çalışmalarıyla öne çıkmıştır [10]. NCTM' in, Okul Matematiği için Müfredat ve Değerlendirme Standartları (Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics) adlı kitabında, sayı duygusuna sahip çocukların özellikleri şu şekilde tanımlanmıştır:

Sayı duygusuna sahip çocuklar (1) sayıların anlamlarını çok iyi bir şekilde anlar, (2) sayılar arasında çoklu ilişkiler geliştirir, (3) sayıların göreceli büyüklüklerini fark eder, (4) sayılar üzerindeki işlemlerin etkilerini bilir, (5) çevresindeki genel olaylar ve nesnelerin ölçümleri için referans noktası (benchmark) geliştirir (NCTM, 1989, p. 38).

Sayı duygusunun kökenine ilişkin psikologlar ve nörologlar tarafından öne sürülmüş farklı görüşler vardır [3 ve 7]. Bazı kuramlar, insanların, tıpkı renk duygusu gibi sayı duygusuna sahip olduğunu ve bu duyulara sahip bir şekilde doğduğunu öne sürmektedir. Bir nörolog ve aynı zamanda matematikçi olan Dehaene (1997) "Sayı Duyusu" adlı kitabında, insanların içgüdüsel olarak beyninde sayıları algılayan bir sayı hücresi olduğunu ve yapılan hesaplamaların hepsinin beyin korteksindeki uzmanlaşmış nöron hücrelerinin harekete geçmesiyle meydana geldiğini iddia etmektedir. Dehaene (1997) sayı duygusunun belirli bir eğitime ihtiyaç duymadan kendiliğinden meydana geldiğini de savunmaktadır. Sayı duygusunun tamamen beyin yapısıyla ilişkili biyolojik bir donanım olduğunu iddia eden bu görüşe karşı olan görüşe göre ise sayı duygusuna içsel bir süreçten öte bir bilgi ve beceri olarak bakılması gerekir. Gersten ve Chard (1999) araştırmalarında birçok çocuğun bu kavramsal yapıyı informal bir biçimde anaokuluna gitmeden çevresindekilerle etkileşimleri sonucunda kazandıklarını belirtmişlerdir. Matematik eğitimcilerinin çoğunluğu tarafından benimsenen bu görüşe göre sayı duygusu durağan ve değişmez bir şey değildir. Bu anlamda bakıldığında, daha çok bir duyu olarak kabul edilen bu yetinin geliştirilebilmesi ve anlaşılabilmesi için daha fazla teorik ve deneysel bulgulara ihtiyaç vardır.

2. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ (PURPOSE AND SIGNIFICANCE OF THE RESEARCH)

İlgili alan yazında sayı duygusunun tahmin becerisi, uzamsal beceri ve zihinden hesaplama becerileri gibi birçok matematiksel beceriler ile ilişkisi sorgulanmıştır. Yapılan araştırmalarda, bazı öğrencilerin kâğıt-kalem kullanarak hesaplama yaptıkları testlerde oldukça başarılı oldukları halde, sayı duygusu testinde aynı başarıyı gösteremedikleri sonucuna varılmıştır [11 ve 12].

İlköğretim düzeyindeki öğrencilerin sahip olması gereken becerilerden biri sayı duygusudur. Bu duyunun kazanılmasında sınıf öğretmenlerine düşen önemli görevler vardır. Bunun için öncelikle öğretmen adaylarının kendilerinin sayı duyularının gelişmiş olması beklenir. Herhangi bir hesaplamayla karşılaştığında çözüme yönelmeden düşünen, en kolay ve en kısa yolu bulmaya çalışan biri, sayı duygusunu kullanıyor demektir. Buna karşın, sayı duygusu gelişmemiş bireyler sayılarla ilgili bildiklerini, sayılar arasındaki ilişkileri, işlemlerin özelliklerini kullanıp kullanamayacaklarına bakmadan

soruyu çözmeye girişmektedirler [6]. Bu açıdan, sayı duyusunun kazandırılmasında önemli görevleri olan öğretmen adaylarının, hesaplama becerileri ile sayı duyuları arasındaki ilişkileri belirlemek araştırmancının temel amacını oluşturmaktadır.

2.1. Araştırma Problemleri (Research Problems)

Bu çalışmada, "sınıf öğretmeni adaylarının sayı duyuları ne düzeydedir ve bu öğretmen adaylarının sayı duyusu testi puanları ile hesaplama beceri testi puanları arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?" sorusuna yanıt aranmaktadır.

3. YÖNTEM (METHOD)

3.1. Araştırma Modeli (Design of the Study)

Araştırma, sınıf öğretmeni adaylarının hesaplama becerileri ile sayı duyuları arasındaki ilişkinin belirlenmesi ile ilgili olduğundan ilişkisel araştırma modelindedir [2].

3.2. Çalışma Grubu (Participants)

Araştırmancının çalışma grubunu 2009-2010 öğretim yılında Ankara'daki bir devlet üniversitesinin sınıf öğretmenliği bölümünde, üçüncü sınıfta öğrenim gören 81 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarının çoğunluğu (%72) kız öğrencilerdir.

3.3. Veri Toplama Süreci (Data Collection Process)

Verilerin toplanması aşamasında, "Uyarlanmış Sayı Duyusu Testi" den yararlanılmıştır. Kayhan Altay (2010) tarafından, ilgili alan yazında tartışılan problemlerden yararlanılarak geliştirilen "Sayı Duyusu Testi" den uyarlanmış olan test 16 sorudan oluşmaktadır. Geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yeniden yapılmış olan ölçeğin Cronbach alfa katsayısı 0,71 olarak belirlenmiştir. Bu teste paralel olarak araştırmacılar tarafından geliştirilen "Hesaplama Becerisi Testi", sayı ve işlemlerle ilgili toplam 14 sorudan oluşmaktadır. Hesaplama becerisi testinde öğretmen adaylarından kâğıt-kalem kullanarak hesaplama yapmaları istenmiştir. Uyarlanmış sayı duyusu testinde ise öğretmen adaylarından soruları en kısa yoldan çözmeleri istenmekte, sayı duyusunun farklı özelliklerini kullanabilme becerileri ölçülmektedir.

3.4. Verilerin Çözümlemesi ve Analizi (Coding and Analysis of Data)

Hesaplama becerisi testindeki her bir doğru cevap 1, yanlış veya boş cevaplar 0 olarak kodlanmıştır. Uyarlanmış sayı duyusu testinde ise öğretmen adaylarının soruları çözerken sayı duyularını kullanma durumlarına göre puanlama yapılmıştır. Soruyu, sayı duyusunu kullanarak çözen öğretmen adaylarına 1 puan; hesap yaparak, standart-rutin yolla çözenlere veya doğru sonuca ulaşamayanlara 0 puan verilmiştir. Örneğin, sayı duyusu testinin 5. sorusunda öğrencilere "639 x 45" ve "(630 x 45) + (8 x 45)" işlemlerinden hangisinin sonucunun büyük olduğu sorulmuştur. Bu işlemlerin sonucunu ayrı ayrı hesaplama yapıp bulan birine 0 puan verilmiştir. Öte yandan hesaplama işlemi yapmadan "(630 x 45) + (8 x 45)" işleminin "638 x 45" işlemine eşit olduğunu fark edenlere 1 puan verilmiştir. Öğretmen adaylarının sayı duyuları ile standart (rutin) hesaplamaları kullanım yüzdeleri hesaplanmış, hesaplama becerileri ile sayı duyuları arasında ilişki olup olmadığını anlamak için Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı hesaplanmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin saptanmasının ardından, hesaplama becerisinin, sayı duyusunu ne oranda açıkladığını belirleyebilmek amacıyla determinasyon katsayısı (r^2) hesaplanmıştır. Bilindiği gibi, determinasyon katsayısı r^2 ;

gözlenen değişkenliğin ne kadarının diğer değişken tarafından açıklandığını yorumlamada kullanılır ve korelasyon katsayısının (r) karesine eşittir [1].

4. BULGULAR VE YORUMLAR (FINDINGS AND INTERPRETATIONS)

Bu bölümde araştırmadan elde edilen bulgulara ve yorumlara yer verilmiştir.

Araştırma probleminin birinci kısmı, "Sınıf öğretmeni adaylarının sayı duyuları ne düzeydedir?" şeklindedir. Sınıf öğretmeni adaylarının sayı duyularını kullanma yüzdeleri soru bazında Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sınıf öğretmeni adaylarının sayı duyusu testinde kullandıkları çözüm yollarının dağılımları

(Table 1. The distribution of the strategies used by prospective elementary teachers when responding to number sense questions)

Madde	Çözüm Yolları	%	Madde	Çözüm Yolları	%
1	Standart hesaplama	84,0	9	Standart hesaplama	58,0
	Sayı duyusu	16,0		Sayı duyusu	42,0
2	Standart hesaplama	43,2	10	Standart hesaplama	64,2
	Sayı duyusu	56,8		Sayı duyusu	35,8
3	Standart hesaplama	33,3	11	Standart hesaplama	28,4
	Sayı duyusu	66,7		Sayı duyusu	71,6
4	Standart hesaplama	82,7	12	Standart hesaplama	13,6
	Sayı duyusu	17,3		Sayı duyusu	86,4
5	Standart hesaplama	32,1	13	Standart hesaplama	69,1
	Sayı duyusu	67,9		Sayı duyusu	30,9
6	Standart hesaplama	79,0	14	Standart hesaplama	40,7
	Sayı duyusu	21,0		Sayı duyusu	59,3
7	Standart hesaplama	25,9	15	Standart hesaplama	23,5
	Sayı duyusu	74,1		Sayı duyusu	76,5
8	Standart hesaplama	33,3	16	Standart hesaplama	79,0
	Sayı duyusu	66,7		Sayı duyusu	21,0

Tablo 1'deki verilere dayanarak öğretmen adaylarının genel olarak soruların çözümlerinde sayı duyusu yerine standart (rutin) hesaplamaları tercih ettikleri söylenebilir. Bu bulgu daha önce yapılmış birçok araştırma bulgularıyla paralellik göstermekte ve onları desteklemektedir [8, 12, 13, 14 ve 16]. Bu standart (rutin) hesaplamalar; paydaları eşitleme, rutin çarpma ve bölme işlemi yapma, ondalık sayıları kesirlere çevirme gibi tam sonuç bulmaya odaklı cevaplardır. Bu tür cevaplar öğrencilerin sayı duyusu becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmamaktadır [8].

Sayı duyuları soru bazında incelendiğinde öğretmen adaylarının en çok 3. 5. 7. 8. 11. 12. ve 15. sorularda sayı duyusundan yararlandıkları anlaşılmaktadır (bkz. Tablo 1). Sorular incelendiğinde bu soruların çoğunun "tamsayılarda işlemlerle" ilgili olduğu görülmektedir. Örneğin 8. soruda öğrencilerden "5000032 + 2000725 + 1000068 + 1000725" işleminin, 11. soruda ise "61 + 42 + 36 + 28 + 34 + 9" işleminin sonuçlarını kısa yoldan bulmaları istenmiştir. Sayı duyusuna sahip bireylerden, bu sorularda ilk olarak birbirini 10'a, 100'e tamamlayan sayıları toplamaları beklenir. (42 ile 28 sayısının toplanırken bir araya getirilip 70 denilmesi gibi.) Öğrencilerin yarısından fazlası 8. (%66,7) ve 11. (%71,6) sorunun çözümünde alt alta toplama işlemi yapmak yerine sayı duyularını kullanabilmişlerdir. Üçüncü soruda "372 - 38 = 334" işlemi öğrencilere verilmiş ve "372 - 18" işleminin cevabının en kısa yoldan bulunması istenmiştir. Burada sayı duyusunu kullanan öğrencilerin

çıkarma işlemini yapmak yerine verilen bir önceki işlemi kullanarak 334 sayısına 20 eklemeleri beklenmektedir.

Sayı duyusunun kullanım yüzdesinin çok düşük olduğu sorular ise 1. 4. 6. 13. ve 16. sorulardır. Bu sorular "kesirlerde ve ondalık sayılarda" işlemlerle ilgilidir. Örneğin birinci soruda öğrencilerden $1/2$ ile $6/7$ arasında bir kesir yazmaları istenmiştir. Bu sorunun çözümünde öğretmen adaylarının çoğu payda eşitleme, kesirleri ondalık sayıya çevirme gibi kural odaklı çözüm yollarına başvurmuşlardır. Öte yandan sayı duyusu gelişmiş öğretmen adaylarının bu sorunun çözümü için kıyaslama noktasını kullanmaları ve şöyle düşünceleri beklenmektedir: " $1/2$ kesri yarımdır. $6/7$ kesri ise tama yakındır. O halde iki kesir arasında $3/5$ kesrini yazabiliriz." Böyle düşünen öğrenciler kesirleri karşılaştırma veya sıralama işlemlerinde formül ya da kural ezberlemekten öte yarım, bütün gibi kesir kavramlarının anlamlarını oluşturabilmişlerdir. Sayı duyusunun kullanım yüzdesinin düşük olduğu bir diğer soru 4. sorudur. Bu soruda öğrencilerden " $856,6 \times 0,535 = 458281$ " işlemi virgüli yerleştirmeleri istenmiştir. Sayı duyusu gelişmiş bir bireyin bu sorunun çözümünde işlem yapmak yerine $0,535$ ondalık sayısının yarıma yakın olduğunu fark etmesi ve bir sayıyla çarpıldığında sonucun çarpılan sayının yaklaşık olarak yarısına eşit olacağını bulmaları beklenmektedir. Bu soruda öğrencilerin ancak $17,3$ 'ü sayı duyusuna başvurmuş, $82,7$ 'si ise standart çarpma işlemi yaparak veya virgöl basamaklarını sayarak çözümü bulmaya çalışmışlardır. Bilindiği gibi öğrencilerin ezberle dayalı, kural odaklı çözüm yoluna eğilimli olmaları düşüncelerini ve muhtemelen sayı duyularının gelişmesini engelleyici bir unsurdur [16].

Araştırma probleminin ikinci kısmı; "Sınıf öğretmeni adaylarının sayı duyusu testi puanları ile hesaplama beceri testi puanları arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?" şeklindedir. Yapılan çalışmada öğretmen adaylarının, sayı duyusu puanları ile hesaplama beceri testi puanları arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir ($r = .326$, $p < .01$). Bu katsayı öğretmen adaylarının sayı duyuları ile hesaplama becerileri arasında zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir. Korelasyon katsayısının karesi olan $r^2 = .11$, sayı duyusu testindeki puanlarındaki toplam varyansın ancak 11 'inin hesaplama puanları ile açıklanabileceğini göstermektedir. McIntosh ve diğerleri (1992) farklı düzeylerde yaptıkları araştırmalarında, öğrencilerin yazılı hesaplama becerilerinin gelişmiş olmasının, sayı duyularının da gelişmiş olmasını gerektirmeyeceğini belirtmişlerdir. Bu araştırmanın sonucu, McIntosh ve diğerlerinin iddialarını desteklemektedir.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER (DISCUSSION AND SUGGESTIONS)

Bu çalışma sadece Ankara'daki bir devlet üniversitesinin sınıf öğretmenliği 3. sınıfında okumakta olan 81 öğretmen adayından elde edilen bulgulara dayanmaktadır. Bulgular, sınıf öğretmeni adaylarının sayı duyularının oldukça düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Öğretmen adayları sayı duyusu gerektiren problemlerde genellikle ezberle dayalı yöntemler kullanmışlardır. Daha kısa, etkili ve pratik yöntemler yerine kavramsal düşünmeden uzak, hesaplama gerektiren ve uzun zaman alan çözüm yöntemlerini tercih etmişlerdir. Öğretmen adaylarının bu yaklaşımı uzun hesaplama işlemleri ve payda eşitleme gibi işlemsel yöntemlerdir. Matematik sadece uygulanacak bir dizi kuraldan ibaret değildir. Bu nedenle kural öğretiminden öte anlamlar üzerinde durulması ve tartışılması gerekir. Hatta bir probleme birden fazla çözüm yolunun ortaya atılması yeterli sayılmamalı, bu çözümlerin hangisinin daha etkili ve kısa olduğu, neden farklı oldukları hakkında sorgulamalar yapılmalıdır.

Öğrencilere hesaplama işlemlerinin öğretimi sırasında veya öncesinde sayı duyularını geliştirmeleri için fırsatlar verilmesi oldukça önemlidir. Özellikle kesirler konusunun eğitimi sırasında zamanından önce verilen kuralların (payda eşitleme, kesirlerde bölme kuralı gibi) çok ciddi engelleri vardır. Bu kuralların hiç biri, öğrencilere işlemler ve anlamlar üzerinde düşünme fırsatı vermez. Öğrenciler anlamadıkları bir dizi kuralı takip ettiklerinde işlemlerin sonuçlarının mantıklı olup olmadığına ilişkin bir değerlendirme yapamayabilir ve ezberlenen bu kurallar kısa sürede unutulabilir [15]. Mekanik olarak payda eşitlemesi yapmak yerine, akıl yürütmeye, tahmine ve sayı duyusuna dayanan bir yola başvurmak anlamlı öğrenmeyi sağlayıcı ve problem çözmede başarıyı artırıcı bir rol oynar [4].

Araştırma sonucunda dikkate değer bir başka sonuç da sınıf öğretmeni adaylarının sayı duyuları ile hesaplama becerileri testinde farklı performanslar göstermeleridir. Genellikle öğretmen adayları, kâğıt-kalemle hesaplama yapmaları istendiğinde başarılı olmuşlar fakat hesaplama gerektirmeyen benzer problemlerin çözümlerinde sayı duyusunu kullanamamışlardır. Bu sonuç, Reys ve Yang (1998)'ın araştırma bulgularıyla paralellik göstermektedir. İyi hesap yapmak her zaman üst düzey düşünme becerisinin bir göstergesi değildir. Bulunan cevabın doğru olup olmadığına karar vermek, sayı duyusu becerisinin kullanılmasını gerektirir. Bundan dolayı, öğretmenler, öğrencilerden doğru cevabı bulmanın ötesinde daha fazla beklenti içinde olmalıdırlar.

Araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda öğretmen yetiştirme programlarına ilişkin bazı önerilerde bulunulmuştur:

1. Öğretmen yetiştirme programlarının ders içeriklerinin yeniden yapılandırılmasıyla daha güçlü ve derin bir sayı duyusu bilgisine sahip öğretmenler yetiştirmek mümkün olabilir. Öğretmen yetiştirme kurumlarında öğretmen adaylarının yeterliliklerini artırmak için sınıf öğretmenliği adaylarının lisans programlarında yer alan Temel Matematik ve Matematik Öğretimi derslerinde sayı duyusunun öğrenimi ve öğretimine daha fazla yer ayrılmalı ve önem verilmelidir. Öğretmen adayları sayı duyusunu, önemini ve nasıl geliştirilmesi gerektiğini anladıklarında, öğrencilerin de sayı duyularının gelişimine yardımcı olabilirler.
2. Milli Eğitim Bakanlığı da vereceği hizmet içi eğitimlerle öğretmenlerin bu konuya dikkatlerinin çekilmesini sağlayabilir. Sayı duyusunun ilköğretim öğrencilerinin matematikteki gelişimlerdeki önemi konusunda öğretmenlerin farkındalıklarını sağlamak oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Büyüköztürk, Ş., (2002). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı. İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
2. Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F., (2008). Bilimsel araştırma yöntemleri. Ankara: Pegem Akademi.
3. Dehaene, S., (1997). The number sense: How the mind creates mathematics. New York: Oxford University Press.
4. Dougherty, B.J. and Crites, T., (1989). Applying number sense to problem solving. Arithmetic Teacher, 22-25.
5. Gersten, R. and Chard, D., (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. The Journal of Special Education, 33 (1), 18-28.

6. Kayhan A.M., (2010). İlköğretim İkinci Kademe Öğrencilerinin Sayı Duyularının; Sınıf Düzeyine, Cinsiyete ve Sayı Duyusu Bileşenlerine Göre İncelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
7. Lipton, J.S. ve Spelke, E.S., (2003). Origins of number sense: Large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, 14 (5), 396-401.
8. Markovits, Z. and Sowder, J., (1994). Developing number sense: An intervention study in grade 7. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25 (1), 4-29.
9. McIntosh, A., Reys, B.J. and Reys, R.E., (1992). A proposed framework for examining basic number sense. *For the Learning of Mathematics*, 12 (3), 2-9.
10. National Council of Teachers of Mathematics, (NCTM) (1989). Curriculum and evaluation standards for school mathematics. Reston, VA: NCTM.
11. Reys, R.E., (1998). Computation versus number sense. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 4 (2), 110-112.
12. Reys, R.E. and Yang, D.C., (1998). Relationship between computational performance and number sense among sixth- and eighth- grade students in Taiwan. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29 (2), 225-237.
13. Reys, R., Reys, B., McIntosh, A., Emanuelsson, G., Johansson, B., and Yang, D.C., (1999). Assessing number sense of Students in Australia, Sweden, Taiwan, and the United States. *School Science and Mathematics*, 99 (2), 61-70.
14. Tsao, Y.L., (2005). The number sense of preservice elementary school teachers. *College Student Journal*, 39 (4), 647-679.
15. Van de Walle, J.A., Karp, K.S., and Bay-Williams, J.M., (2010). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
16. Yang, D.C., (2007). Investigating the strategies used by pre-service teachers in Taiwan when responding to number sense questions. *School Science and Mathematics*, 107 (7), 293-301.