

Makale Geçmişi / Article History

Alındı/Received: 28.01.2017

Düzeltilme Alındı/Received in revised form: 04.04.2017

Kabul edildi/Accepted: 05.04.2017

HESAPLAMALI DÜŞÜNME ARAŞTIRMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ**Hüseyin Özçınar¹****Öz**

Bilgisayar teknolojisi hem bütün disiplinlerin çalışma biçimlerini hem de sosyal hayatı ve insanların düşünme biçimlerini önemli oranda değiştirmiştir. Bu durum, bilgisayar ve eğitim bilimcilerde bilgisayarın çalışma mantığının ve bilgisayar bilimleri kavramlarının problem çözme süreçlerinde kullanımını herkese öğretme sorumluluğu yüklemektedir. Bu sorumluluğun yerine getirilebilmesi için hesaplamalı düşünme öğretimi ile ilgili bir araştırma ve bilgi tabanının oluşması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı hesaplamalı düşünme bilgi tabanının, araştırma yönelimlerinin ve bu yönelimler üzerinde etkili olan yayın ve yazarların belirlenmesidir. Hesaplamalı düşünme alanyazının yapısının ve dönüşümünün ortaya konulabilmesi için yayın ortak atıf analizi, yazar ortak atıf analizi ve kelime analizi yöntemleri kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen bulgular göstermiştir ki, hesaplamalı düşünme, eğitim ve bilgisayar bilimleri alanında gittikçe daha yaygın olarak çalışılmaktadır. Çalışma alanlarını hesaplamalı düşünmenin tanımlanması ve kapsamının belirlenmesi, bilgisayar bilimlerinin tanım ve kapsamı, ilk ve orta öğretim programlarına hesaplamalı düşünme eğitiminin nasıl dahil edilebileceği, bu düzey için hesaplamalı düşünmenin nasıl tanımlanabileceği, programlama öğretimi gibi konular oluşturmaktadır. Bu alanda çalışılan konuların zamanla değişimleri incelendiğinde ise ilk yıllarda daha çok hesaplamalı düşünmenin tanım ve kapsamına odaklanan araştırmaların sonraki yıllarda bu düşünme biçiminin ilk ve orta öğretimde nasıl öğretilebileceğine odaklandığı görülmektedir. Son yıllarda ise hesaplamalı düşünmenin FeTeMM alanına dahil edilmesi ile ilgili araştırmaların arttığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: hesaplamalı düşünme; programlama öğretimi; ilk ve orta öğretim programlarında hesaplamalı düşünme; ortak atıf analizi

¹ Yrd. Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, hozcinar@pau.edu.tr

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF COMPUTATIONAL THINKING RESEARCH

Abstract

Computing has significantly changed both the working styles of all disciplines and social life and people's habits of thinking. Under these circumstances, education and computer scientists have a responsibility to teach computing and concepts of the computer science to everyone. To fulfill this responsibility, there is a need to create research agenda? and knowledge capital on teaching computational thinking. The aim of this study is to determine the knowledge base and research orientations of computational thinking field as well as to identify the publications and authors that are influential on these orientations. In order to be able to explore the intellectual structure and transformation of computational thinking research field, document co-citation analysis, author co-citation analysis and word frequency analysis were conducted. Drawing on this analysis method, the findings of the present research showed that computational thinking has increasingly being studied in the fields of education and computer science. The main clusters of the computational thinking research consist of definition and scope of computational thinking, definition and scope of computer science, how computational thinking can be included in the primary and secondary education curriculum, how computational thinking can be defined for this level of education and teaching computer programming. When the evolution of the research field was examined, it is seen that research studies dealing with the definition and scope of computational thinking in the first years of the time span focused on how computational thinking could be taught in primary and secondary education in the following years. In recent years, research on the integration of computational thinking into the field of STEM appears to be increasing.

Keywords: computational thinking; teaching computer programming; computational thinking in primary and secondary education curriculums; co-citation analysis

Summary

Computing has significantly changed both the working styles of all disciplines and social life and people's habits of thinking. Under these circumstances, education and computer scientists have a responsibility to teach computing and concepts of the computer science to everyone. To fulfill this responsibility, there is a need to create research agenda? and knowledge capital on teaching computational thinking. The aim of this study is to determine the knowledge base and research orientations of computational thinking field as well as to identify the publications and authors that are influential on these orientations.

In order to be able to explore the intellectual structure and transformation of computational thinking research field, document co-citation analysis, author co-citation analysis and word frequency analysis were conducted. The bibliographical data used in the study was obtained from the Web of Science (WoS) database. The WoS is recognized as the world's leading academic database with the diversity and variety of publications through its indexes (Archambault, Campbell, Gingras and Larivière, 2009). The co-citation analysis method is based on the idea that citations can be used as conceptual symbols for the research topic, method or theoretical point of view of the cited document (Small, 1978). In this context, the clusters obtained from co-citation analysis show the intellectual and cognitive structures

of the research field (McCain, 1990). The co-citation analysis can be carried out with publications, authors or journals. In co-citation analysis, the number of times (n) two authors, documents or journals are included in the references of third documents is considered as a measure for the similarity in the research perspectives of these two authors, documents or journals or in their theoretical perspectives or research methods. Here, "n" is used as a type of measure to assess similarities between two authors', documents' or journal's perspectives.

Drawing on this analysis method, the findings of the present research showed that computational thinking has increasingly being studied in the fields of education and computer science. The main clusters of the computational thinking research consist of definition and scope of computational thinking, definition and scope of computer science, how computational thinking can be included in the primary and secondary education curriculum, how computational thinking can be defined for this level of education and teaching computer programming. Freeman's (1979) betweenness centrality is one of the metrics used in co-citation analysis studies to depict the intellectual structure of the specific research field. The betweenness centrality of a node quantifies the role of the node in connecting the network. Nodes with the high betweenness centrality play a crucial role for the network and usually connect different clusters. Nodes with high betweenness centrality displayed surrounded by a pink ring by CiteSpace. The thickness of the pink ring is proportional to the betweenness centrality of the document or author (Chen, 2009). In this context, it is seen that Denning (2003), Guzdial (2008), Hambrusch, Hoffman, Korb, Haugan ve Hosking (2009) and Wing (2006) play a strategically important role in the intellectual structure of computational thinking research.

A red ring in CiteSpace co-citation network graph indicates the citation burst of a document, author or journal in the corresponding time slice. The width of the red ring surrounding the node is proportional to the rate of citation burst. When the co-citation network created for computational thinking research between 2006-2016 is examined, it is seen that the most central document in the network is Denning (2003) and the citations given to this publication or the interest shown in this publication have increased rapidly between 2007 and 2011. The rapid increase in the number of citations to the Denning (2003), which explore the basic principles and concepts of computer science, could indicate that computational thinking research studies focus on defining the concept and defining the basic principles between 2007 and 2011. Other citation bursts, detected by CiteSpace, were between 2014 and 2016. In this period, citations to the Grover and Pea (2013) increased rapidly. In their study, Grover and Pea (2013) frame the discussions on teaching computational thinking in K-12 level and identify the gaps in existing research and future research opportunities. In the same period, citations to Barr and Stephenson (2011) also increased rapidly. In their study, Barr and Stephenson (2011) summarized a project undertaken by CSTA and ISTE to construct a functional definition of computational thinking for primary and secondary education. Denner, Werner and Ortiz's (2012) study on the effects of participating in the game design and programming activities of girls; and how secondary school students learn the concepts of computer science have been another study that enjoyed a citation burst in the period of 2014-2016. After the seminal work of Wing (2016), it has long been discussed the definition and scope of the computational thinking. However, the computational thinking literature in recent years has focused more on what the scope of CT should be for the primary and secondary education.

When the evolution of the research field was examined, it is seen that research studies dealing with the definition and scope of computational thinking in the first years of the time span focused on how computational thinking could be taught in primary and secondary education in the following years. In recent years, research on the integration of computational thinking into the field of STEM appears to be increasing.

The findings of the study clearly showed that computational thinking research is mainly driven by studies conducted in the United States. This applies both to discussions on how computational thinking can be integrated into primary and secondary education curricula, as well as to the functional description of computational thinking for these education levels. However, because of the economic, social and cultural structures of the societies, the relations with computer technologies are different from each other. Therefore, cultural and social considerations should be taken into account when integrating computational thinking into national curricula.

Giriş

Amerika Birleşik Devletleri'nde 1980 yılında ilkokulların %15'inde ortaokulların ise %50'sinde bilgisayar okuryazarlığı eğitimi verilmekteydi. Yalnızca beş yıl sonra bu oran ilkokullar için %82, ortaokullar için %93'e çıkmıştır (Rosenberg, 1987). Benzer bir biçimde Türkiye'de de bilgisayar okuryazarlığının ilköğretim düzeyinde öğretilmesi konusunda çabalar 1980'li yıllarda başlamıştır (Akpınar ve Altun, 2014). Akpınar ve Altun (2014) bu süreçte "okuryazarlık" kavramının daha çok okurluk kısmına odaklanıldığı, yazma kısmının ise dar bir çerçevede algılanarak ofis programlarıyla belge düzenleme biçiminde yorumlandığını öne sürmektedir. Kısacası ilköğretim düzeyindeki öğrencilere bilgisayar okuryazarlığı öğretilmesi uzun süredir eğitimcilerin temel amaçlarından biridir. Ancak buradaki odak bilgisayarın bir araç ya da ortam olarak kullanımının öğretilmesidir (Grover ve Pea, 2013). Hesaplama okuryazarlığı (computational literacy) ya da hesaplmalı düşünme (computational thinking) ise öğrencilerin teknolojinin üreticisi olmalarını hedeflemektedir.

Programlanmış süreçlerin makineler tarafından otomatik uygulanması (computing-hesaplama) hem bütün disiplinlerin çalışma biçimlerini, hem de sosyal hayatı ve insanların düşünme biçimlerini önemli oranda değiştirmiştir. Wing'e (2006) göre bu durum bilgisayar ve eğitim bilimcilere hesaplama mantığını ve kavramlarını kullanarak problem çözmeyi herkese öğretme sorumluluğu yüklemektedir. Her öğrencinin bilgisayar okuryazarı olması için eğitim verilmesi daha eski tarihlere dayansa da, bilgisayar çalışma mantığının bir problem çözme yöntemi olarak öğretilmesiyle ilgili çalışmalar ilk olarak 1960'larda Alan Perlis tarafından başlatılmıştır. İlköğretimde hesaplmalı düşünme öğretimi fikri ise ilk olarak Seymour Papert (1980) tarafından ortaya atılmıştır. Papert (1980) çocukların LOGO programlamayla prosedürel düşünme becerilerini geliştirebilecekleri görüşünü öne sürmüştür. Jeanette Wing'in (2006) hesaplmalı düşünmenin ne olduğu ve neden her çocuğa öğretilmesi gerektiği ile ilgili öncü çalışmasından sonra bu konudaki akademik çalışmalarda ve hesaplmalı düşünmenin eğitim programlarına dahil edilmesine ilişkin çabalarda önemli bir artış görülmüştür.

Hesaplmalı düşünmenin ilköğretim bağlamı için işlevsel tanımı, hangi kavramları kapsamaması gerektiği, bu kavramların nasıl sıralanacağı, kaç yaşında öğretileceği ve hangi öğretim yöntemlerinin kullanılabilmesi tartışmalı konulardır (Wing, 2016). Bu tartışmaların

çözümlemesi ve üzerinde uzlaşılan bir çerçevenin oluşması ancak bu alandaki araştırmaların artması ile mümkün olacaktır. Di Stefano, Peteraf ve Verona (2010) bu süreci şu şekilde özetlemektedirler; Farklı bakış açılarının yansıtıldığı çalışmaların yayınlanma oranları farklı olacaktır. Etki faktörü yüksek dergilerde yayınlanan çalışmalar daha çok okunacak ve daha geniş bir kitleye ulaşacaktır. Bu sürecin sonunda daha çok atıf alan çalışma ya da yazarlar problemlerin çerçeveselendirilmesi ve çözülmesi konusunda daha etkili olacaktır. Bu şekilde araştırma alanındaki temel tartışmalarla ilgili bir uzlaşıya varılacak ya da alan alt araştırma alanlarına bölünecektir.

Price (1963) benzer araştırma problemlerini benzer yaklaşımlarla inceleyen, birbirlerinin ürettikleri kavramları kullanan, araştırma bulgularına atıfta bulunan, aynı dergilerde yayın yapan, aynı kongrelere katılan araştırmacı gruplarını “görünmeyen okullar” (invisible colleges) olarak adlandırmaktadır. Bir araştırma alanında bu okullar arasındaki iletişim o alanın entellektüel tarihinin bir yansıması olarak kabul edilmektedir (Culnan, 1986). Bu iletişim örüntülerinin incelenmesi için bibliyometrik yöntemler kullanılmaktadır. Bibliyometrik yöntemler, bilimsel yayınlardaki atıf gibi bibliyometrik verilerin matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle incelenmesi temeline dayanmaktadır. Bu yöntemlerin temel varsayımı atıfların, atıf verilen yayının atıf veren yayın üzerindeki etkisinin bir göstergesi olduğudur (Culnan, 1986). Bu yöntemler bir araştırma alanı içerisindeki araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi ve alanın tarihini nesnel bir yaklaşımla inceleme ve alanın yönelimlerini belirleme olanağı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Wing’in (2006) hesaplamalı düşünmenin herkese öğretilmesinin gerekliliğini ortaya koyduğu öncü çalışmasından bugüne, hesaplamalı düşünme araştırma yönelimlerinin ve bu yönelimler üzerinde etkili olan yayın ve yazarların belirlenmesidir.

Yöntem

Bu çalışmada hesaplamalı düşünme alanyazının yapısının ve dönüşümünün ortaya konulabilmesi için yayın ortak atıf analizi, yazar ortak atıf analizi ve kelime sıklık analizi yöntemleri kullanılmıştır. Alandaki çalışmaların ülke, kurum ve zamana göre dağılımı gibi tanımlayıcı veriler Web of Science (WoS) veri tabanından elde edilmiştir. Bibliyometrik analizler için CiteSpace programı kullanılmıştır. CiteSpace bilimsel alanların gelişiminin incelenmesi ve görselleştirilmesi için Chen (2004) tarafından geliştirilmiştir ve bilimsel alanların gelişiminin haritalanmasında yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Liu, Jiang ve Jin, 2014).

Verilerin Toplanması

Bu çalışmada incelenen bibliyometrik verilerin elde edilmesi için WoS veri tabanı kullanılmıştır. WoS veri tabanı, taradığı yayınların çokluğu ve çeşitliliği ile dünyanın lider akademik veri tabanı olarak kabul edilmektedir (Archambault, Campbell, Gingras ve Larivière, 2009). WoS veri tabanı, bu özelliğinin yanı sıra taradığı yayınlarının bibliyometrik verilerine ilişkin ülkelere, bilimsel alanlara, dergilere göre dağılım vb. temel istatistikleri de sağlamaktadır. Verilerin elde edilmesi için WoS’in arama motorunda konu alanında (başlık, anahtar kelimeler ve özet) “computational thinking” anahtar kelimesi taranmıştır. Daha sonra arama sonuçları 2006-2016 yılları arasında kapsayacak biçimde süzülmüştür. Sonuç olarak bu araştırmanın veri kümesini oluşturan 451 yayın elde edilmiştir. Bu yayınlara ilişkin özet,

anahtar kelime, kaynakça, yazar adı(ları), ülke adı gibi bibliyometrik veriler indirilmiş ve analizler bu veriler ve WoS'ın sağladığı temel istatistikler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Jeannette Wing'in 2006 yılında yayınlanan "Computational Thinking" isimli makalesi bu alandaki tartışmaların gelişmesine katkı sağlayan öncü yayın olduğu için bu çalışmada 2006 yılından itibaren WoS tarafından taranan hesaplamalı düşünme çalışmaları kullanılmıştır.

2006-2016 döneminde hesaplamalı düşünme alanındaki yayınların kaynakçaları düzenlendiğinde, ele alınan 451 yayında 5862 atıf verildiği görülmüştür. Yazar ve yayın ortak atıf analizleri bu atıf verileri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ortak atıf analizi çalışmalarında bütün atıfların analize dahil edilmesi dağınık ve yorumlanması güç görsellerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle analizler belirli bir eşik değerden daha fazla atıf alan yayınlarla sınırlandırılmaktadır (White ve McCain, 1998). Alanyazında bu eşik değer ne olması, kaç eserin analize dahil edilmesi gerektiği ile ilgili kesin bir yargı yoktur (Özçınar, 2015). Bu çalışmada g-indeksine göre, her bir zaman aralığında en çok atıf alan yayınlar çalışmaya dahil edilmiştir. Egghe (2006) tarafından, h indeksindeki bazı eksikliklerin giderilmesi için oluşturulan g-indeksi, g^2 ya da daha fazla atıf almış g tane yayını tanımlamaktadır. Örneğin seçilen zaman aralığında en çok oy alan ilk 10 (g) yayının aldıkları atıflar toplamı 100'den fazla, onbirinci yayın dahil olduğunda alınan toplam atıf (g^2) 121'den küçük ise bu dönem için g değeri 10 olarak belirlenmektedir. CiteSpace, incelemeye alınacak yayın sayısının değiştirilebilmesi için g indeksinin pozitif bir k katsayısıyla ölçeklendirilebilmesine olanak sağlayan bir yapı sunmuştur. Citespace ile gerçekleştirilen ortak atıf analizi çalışmalarında, analiz sonucunda ortaya çıkan yapının açık ve kolay yorumlanabilir olması için, farklı k değerleri denenerek en uygun sunum belirlenmelidir (Chen, 2006). Bu çalışmada, yayın ortak atıf analizinde k=5 seçilerek toplam 142 yayın, yazar ortak atıf analizi için de aynı k değeriyle 202 yazar ortak atıf analizine dahil edilmiştir.

Ortak Atıf analizi

Ortak atıf analizi yöntemi, atıfların araştırma konusu, yöntemi ya da kuramsal bakış açısına ilişkin kavramsal semboller olarak kullanılabilmesi düşüncesine dayanmaktadır (Small, 1978). Bu temelden hareketle ortak-atıf analizinde elde edilen kümeler ele alınan çalışma alanının entelektüel ve bilişsel yapısını yansıtır (McCain, 1990). Ortak atıf analizi yöntemi; yayın, yazar ya da dergi ölçeğinde yapılabilmektedir. Bu yöntemde iki yayının, yazarın ya da derginin, üçüncü yayınların kaynakçasında birlikte bulunma sayıları, bu yayınların, yazarların ya da dergilerin kuramsal bakış açılarının, araştırma konularının ya da yöntemlerinin benzerliklerinin bir ölçütü olarak kabul edilmektedir. Örneğin A ve B yayınlarının her ikisi de X, Y ve Z yayınlarında atıf alıyorsa A ve B'nin ortak atıf sayısı 3'tür. Bu durum X, Y ve Z yayınlarının yazarlarının A ve B yayınlarının belirli alanlarda benzerlik taşıdığını düşündükleri biçimlerinde yorumlanmaktadır.

Ortak atıf analizi çalışmalarında amaçlardan biri de araştırma alanının yapısındaki değişimin incelenmesidir. Chen (2006) bu amaçla "ilerlemeli bilgi alanı görselleştirmesi (progressive knowledge domain visualization)" yöntemini oluşturmuştur. Bu yöntem araştırma alanının incelendiği zaman aralığının, eşit parçalara bölünmesi, her bir alt zaman aralığı için ortak-atıf ağının oluşturulması ve bu ağların bütünleştirilmesi biçiminde uygulanmaktadır. Ardışık zaman aralıkları için oluşturulan ortak atıf ağlarının karşılaştırılması alandaki değişimi ve dönüşüm noktalarını belirlemeye olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada alt zaman aralığı 1 yıl olarak belirlenmiştir. 11 yıl için elde edilen 11 ortak atıf ağı CiteSpace programı ile karşılaştırılarak alandaki değişim belirlenmiştir.

Ortak Atıf Ağların Sadeleştirilmesi

Ortak atıf ağları, genellikle birçok bağlantıdan oluşmaktadır. Bu bağlantıların hepsinin gösterilmesi, ortak atıf ağının görsel sunumunun karmaşıklaşmasına ve yorumlanmasının zorlaşmasına neden olmaktadır. Bu araştırmada ortak atıf ağı gösterimlerinin sadeleştirilmesi amacıyla pathfinder ağ ölçekleme (pathfinder network scaling) yöntemi kullanılmıştır. Pathfinder ağ ölçekleme yöntemi, ele alınan ağda yalnızca en kısa bağlantı gösterilecek biçimde ağın sadeleştirilmesini amaçlamaktadır. Bu sayede görsel sunumlarda yakınlık (proximity) ağlarının önemli özellikleri öne çıkarılabilmektedir (Schaneveldt, 1990). Yerel yapıları alternatifi olan çok boyutlu ölçekleme (multidimensional scaling) ve en küçük örten ağaç (minimum spanning tree) gibi yöntemlere göre daha başarılı bir biçimde ortaya çıkarılması, ortak atıf ağlarının sadeleştirilmesinde bu yöntemin tercih edilmesini sağlamaktadır (Chen, 2006).

Kümelerin İsimlendirilmesi

Ortak atıf analizi çalışmalarında ortaya çıkan kümeler, araştırmacılar tarafından, kümede yer alan çalışmaların ortak temaları göz önüne alınarak isimlendirilmektedir. Chen (2006) bu yöntemin ortak atıf analizinde benimsenen nesnel yaklaşımla uyumsuz olduğu ve araştırmacı için ek yük getirdiği gerekçesiyle CiteSpace’de kümelerin otomatik olarak isimlendirilmesi için farklı algoritmalar kullanmıştır. CiteSpace ortak atıf kümelerini atıf veren yayınların başlık, özet ve indeks terimlerini kavram sıklığı-ters metin sıklığı (tf*idf) (Salton, Wong ve Yang, 1975), logaritmik benzerlik oranı (log-likelihood ratio, LLR) (Dunning, 1993), ve karşılıklı bilgi (mutual information, MI) algoritmalarıyla analiz ederek isimlendirmektedir. Bu çalışmada LLR algoritması ile elde edilen etiketler kullanılmıştır.

Bulgular

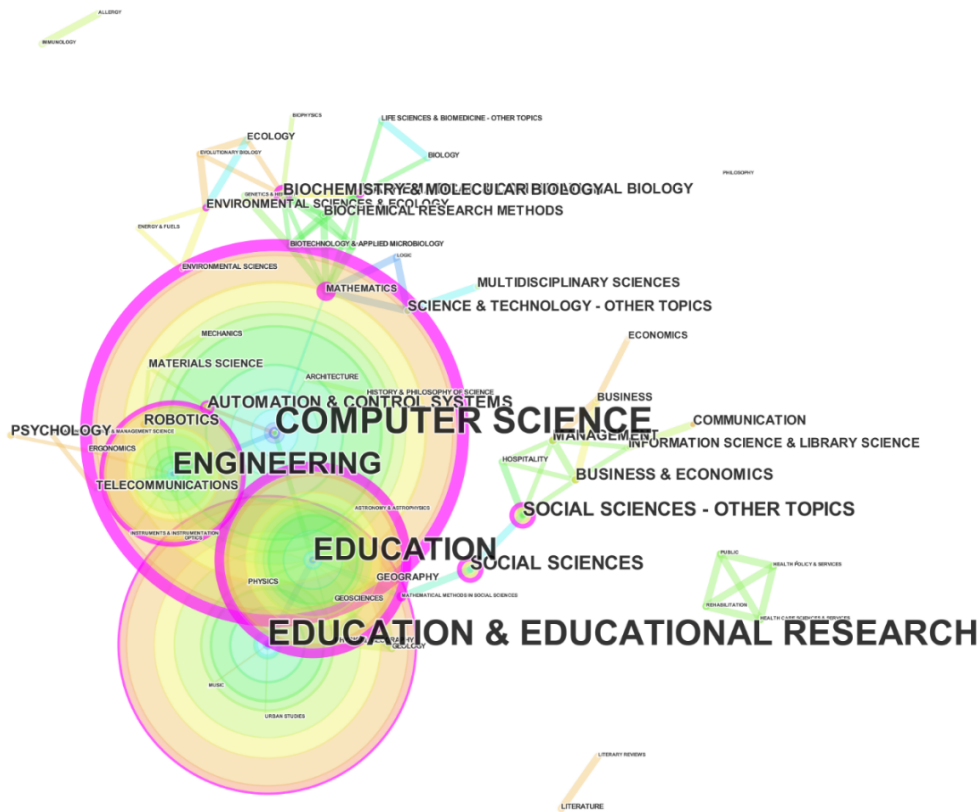
Hesaplamalı düşünme alanındaki yayınların ülkelere göre dağılımları incelendiğinde, ABD’de yapılan yayınların (%52,71) dünyanın geri kalanında yapılan yayınlardan daha fazla olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 1 ve Tablo 2). En çok yayın yapılan kurumlar incelendiğinde ise ilk beş kurumun ABD’deki üniversitelerden oluştuğu görülmektedir. Institute of Scientific Information (ISI), WoS’ta taranan kongre kitapçıkları ya da dergilere başlık, atıf örüntüleri vb. bir dizi koşulu değerlendirerek “konu alanı” etiketleri atamaktadır. ISI bir dergiye ya da kongre kitapçığına birden fazla konu alanı etiketi atayabilmektedir. Örneğin Computers & Education dergisi bilgisayar bilimleri, eğitim ve eğitim bilimleri ve disiplinlerarası uygulamalar konu alanları ile etiketlenmiştir. Bu çalışmada hesaplamalı düşünme alanına katkı sağlayan ya da dayanıklık eden alanların ortaya konulabilmesi için dergi ve bildiri kitaplarına atanan konu alanı etiketleri incelenmiştir. WoS’ın sınıflandırmasına göre hesaplamalı düşünme çalışmalarının yayınlandığı dergi ve kongre yayınları incelendiğinde, yayınların %56,40’ının bilgisayar bilimleri alanında, %46’sının ise eğitim bilimleri alanında etiketlenen yayın organlarında çıktığı görülmektedir (bkz. Şekil 1).

Tablo 1. Hesaplamalı Düşünme Yayınlarının Ülkelere Göre Dağılımı (İlk Beş Ülke)

Ülke	Y. Sayısı	Yüzde
ABD	243	52,71
Çin	63	13,67
İngiltere	27	5,86
Kanada	13	2,82
İsrail	13	2,82

Tablo 2. Hesaplamalı Düşünme Yayınlarının Kurumlara Göre Dağılımı (İlk Beş Kurum)

Kurum	Y. Sayısı	Yüzde
Carnegie Mellon Univ	18	3,90
Univ Colorado	12	2,60
Purdue Univ	11	2,39
Stanford Univ	8	1,74
Northwestern Univ	6	1,30

**Şekil 1.** Hesaplamalı Düşünme Araştırmalarına Katkıda Bulunan Alanlar

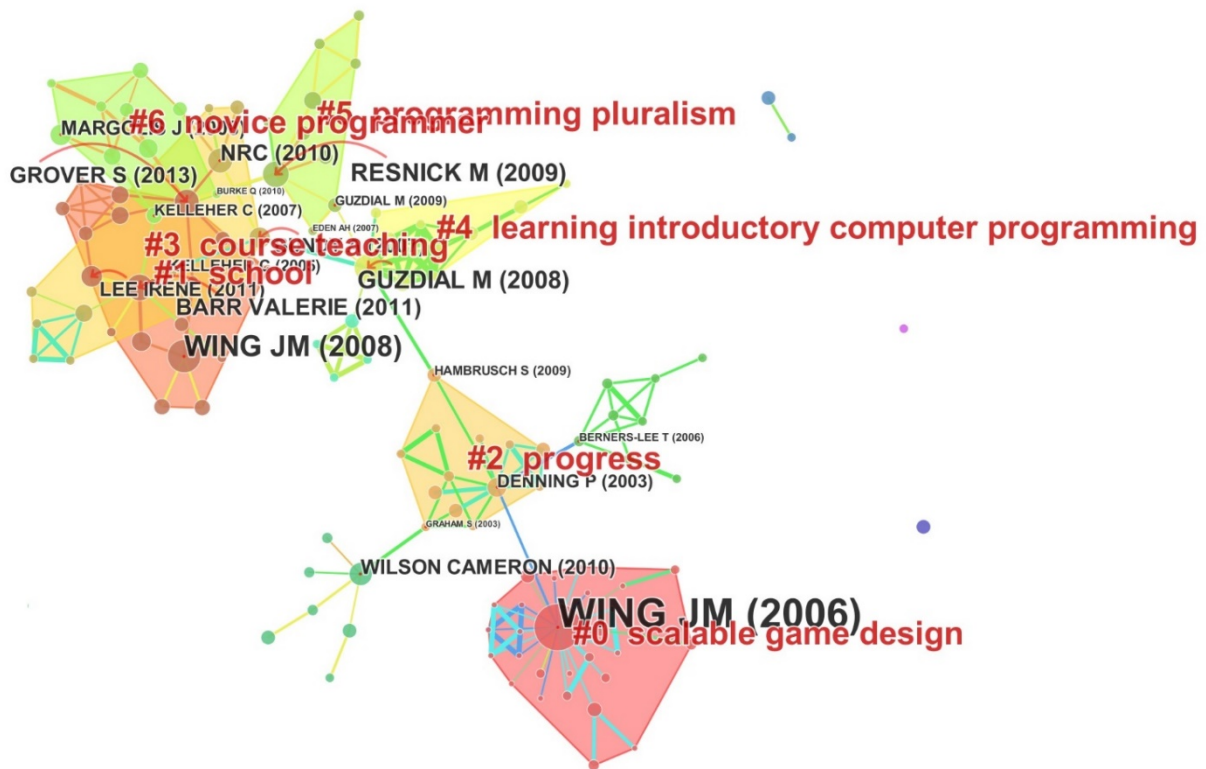
Yayın Ortak Atıf Analizi

Yayın ortak atıf analizi sonucunda toplam birimsellik (modularity) değeri 0.842 ve ortalama silhoutte değeri 0.7089 olan 17 yayın ortak atıf kümesi ortaya çıkmıştır. Birimsellik (Newman ve Girvan, 2004) ve silhoutte (Rousseuw, 1988) ölçütleri grafiklerin kümelenmesine yönelik çalışmalarda ortaya çıkan çözümün kalitesini ya da kabul edilebilirliğini belirlemek için kullanılmaktadırlar. Birimsellik ölçütü, bir ağın bağımsız kümelere bölünebilme derecesini göstermek için kullanılmaktadır. Silhoutte değeri ise aynı küme içerisindeki elemanların birbirlerine benzerliğinin ve diğer kümelerdeki elemanlardan farklılıklarının ölçütü olarak kullanılmaktadır. Silhoutte değeri -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Bu değerın büyüklüğü elemanın kendi kümesindeki diğer elemanlarla benzer, diğer kümelerdekilerden ise farklı olduğunu göstermektedir (Zhao ve Wang, 2011). Elde edilen birimsellik ve silhoutte değerleri 2006-2016 yılları arasındaki hesaplamalı düşünme araştırmalarına ilişkin ortak atıf ağı bağımsız kümeler bölünebilir nitelikte olduğunu göstermektedir.

En büyük küme (#0) 28 yayından oluşmaktadır ve bu yayınların silhoutte değerlerinin ortalaması 0,994'tür. Bu değer alt alanın (kümenin) diğer alt alanlardan açık bir biçimde farklı olduğunu göstermektedir. Bu alt alan LLR algoritması ile "Ölçeklenebilir Oyun Tasarımı (Scalable Game Design)" olarak isimlendirilmiştir. Bu kümenin en merkezi (0,57 freeman arasındalık merkeziliği) ve en çok atıf alan (221) ögesi Wing (2006) olmuştur. Kümede yer alan diğer yayınlara verilen atıf sayıları oldukça azdır (bkz. Tablo 3). Dolayısıyla bu alt alanın ana temasının büyük ölçüde Wing (2006) tarafından belirlendiği söylenebilir. Jeanette Wing, 2006 yılında yayınladığı hesaplamalı düşünme ("Computational Thinking") isimli eseriyle, hesaplamalı düşünmenin yeniden yaygın bir biçimde tartışılmasını sağlamıştır. Bu çalışmada hesaplamalı düşünme, bilgisayar bilimleri kavramları kullanarak insan davranışlarını anlamak, sistem tasarlamak ve problem çözmek için bir yöntem olarak tanımlanmıştır. Wing (2006) bu çalışmada hesaplamalı düşünmenin kapsamını ortaya koymuş ve bu düşünme biçiminin herkese öğretilmesinin önemini vurgulamıştır. Fisher ve Henzinger'in (2007) hesaplamalı modellerin biyoloji alanına sağlayabileceği katkıyı tartıştıkları yayın, bu alt alanda atıf sayısı bakımından ikinci sırada yer almıştır. Bu alt alanın hesaplamalı düşünmenin tanımı, kapsamı ve niçin öğretilmesi gerektiği tartışmasına odaklandığı görülmektedir.

İkinci büyük alt alan (#1) 18 yayından oluşmaktadır ve silhoutte değeri 0.854'tür. Bu alt alan LLR algoritması ile "Okul (School)" olarak adlandırılmıştır. Wing'in (2008) hesaplamalı düşünmenin çocukların eğitimine nasıl dahil edilmesi gerektiği, eğitim programlarında hangi kavramlarının nasıl sıralanması gerektiğine ilişkin görüşleri, bu alanda en çok atıf alan yayın olmuştur. Barr ve Stephenson (2011) hem merkezilik hem de alınan atıf sayısı bakımından kümede ikinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmada CSTA ve ISTE tarafından düzenlenen atölye çalışmasında K-12 bağlamı için oluşturulan işlevsel hesaplamalı düşünme tanımı ve hesaplamalı düşünmenin temel ilkeleri tartışılmıştır. Grover ve Pea'nın (2013), Wing'den (2006) sonra K-12 bağlamında akademik alanyazındaki yönelimleri inceledikleri tarama çalışması, bu alt alanın en merkezi yayını olmuştur (Chen, 2006). Grover ve Pea (2013) bu alt alanda üçüncü sırada yer almıştır (bkz. Tablo 3). Bu alt alanın merkezilik ve aldıkları atıf bakımından temel öğeleri incelendiğinde hesaplamalı düşünmenin ilk ve orta öğretim düzeyi için nasıl tanımlanabileceği, ilk ve orta öğretim programlarına nasıl dahil edilebileceği, hangi yaş düzeyinde nasıl öğretilabileceği konularına odaklandığı görülmektedir.

Ortak atıf analizi sonucunda oluşan üçüncü alt alan (#2) 13 yayından oluşmaktadır ve silhoutte değeri 0.804'tür. Silhoutte değerinin görece düşük olması, bu alt alanın odaklandığı konu bakımından diğerleri kadar homojen olmamasının bir göstergesi olarak görülebilir. Bu alt alan CiteSpace tarafından LLR algoritması ile "İlerleme (Progress)" olarak etiketlenmiştir. Bu alt alanda en merkezi ve en çok atıf alan yayın Denning (2003) olmuştur. Bu çalışmada Peter J. Denning, bilgisayar bilimleri alanının temel ilkelerini belirlemeye çalışmıştır. Denning'e (2003) göre hesaplama tanımı yapay zeka, bilgisayar gibi yapay bilgi işleme süreçlerinin ötesinde biyoloji, fizik ve ekonomi gibi alanlarda gerçekleşen doğal bilgi işleme süreçlerini de kapsayacak biçimde tanımlanmalıdır. Hambruch,Korb, Haugan ve Hosking'in (2009) fen bilimleri alanlarında lisans eğitimi alan öğrencilere hesaplamalı düşünme öğretimi için ders geliştirilmesi ve değerlendirilmesine ilişkin süreci anlattığı çalışma, bu alt alanda merkezilik bakımından ikinci, aldığı atıf sayısı bakımından üçüncü sırada yer almaktadır. Bu alt alanda yer alan yayınlar incelendiğinde, bilgisayar bilimlerinin tanım ve kapsamının bu alt alanın temel konusu olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Hesaplamalı Düşünme Araştırmaları Yayın Ortak Atıf Ağı

Şekil 2'de görülebileceği gibi Hambruch ve diğerleri (2009) bilgisayar bilimlerinin temel ilkelerinin tartışıldığı alt alan #2 ile giriş düzeyi programlama, öğrenmeye ilişkin çalışmalardan oluşan alt alan #4 arasında köprü görevi görmektedir. Denning (2003) ise bu alt alanı, hesaplamalı düşünmenin tanımı ve topluma faydasının tartışıldığı alt alan #0'a bağlamaktadır. Bu alt alanın grafikteki yerleşimi incelendiğinde merkezinde Wing'in (2006) yer aldığı alt alan #0 ile yakın ancak diğer alt alanlara uzak şekilde konumlandığı görülmektedir. Bu durum alt

alan 0 ve 2'nin bilgisayar bilimlerinin ve hesaplamalı düşünmenin temel ilkelerinin ve topluma sağlayabileceği faydaların tartışıldığı alt alanlar olmasından kaynaklanmaktadır.

Dördüncü büyük alt alan (#3) hesaplamalı düşünme ve programlama öğretimine ilişkin ders içeriklerinin belirlenmesi ve derslerin planlanmasına ilişkin yayınlardan oluşmaktadır. Büyüklük bakımından 5,6 ve7. sırada yer alan (#4,#5 ve #6) alt alanlar ise giriş düzeyi programlama öğretiminde kullanılan yöntemler, programlama ve problem çözme arasındaki

Tablo 3. Ortak Atıf Kümelerinde Merkezilik ya da Alınan atıf Sayısına Göre İlk Üç Sıradaki Yazarlar

Küme No	Atıf Sayısı	Arsındaki Merkezilik	Yayın
0	221	0,57	Wing, J. M. (2006). Computational thinking. <i>Communications of the ACM</i> , 49(3), 33-35.
0	4	0,05	Fisher, J., & Henzinger, T. A. (2007). Executable cell biology. <i>Nature biotechnology</i> , 25(11), 1239-1249.
0	4	0	Yanco, H. A., Kim, H. J., Martin, F. G., & Silka, L. (2007, March). Artobots: Combining Art and Robotics to Broaden Participation in Computing. In <i>AAAI Spring Symposium: Semantic Scientific Knowledge Integration</i> (p. 192).
0	3	0,02	Walter, S. E., Fossell, K., Barron, B., & Martin, C. (2007, April). Continuing motivation for game design. In CHI'07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems
1	48	0,06	Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. Philosophical transactions of the royal society of London A: mathematical, physical and engineering sciences, 366(1881), 3717-3725.
1	20	0,09	Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community?. <i>Acm Inroads</i> , 2(1), 48-54.
1	17	0,35	Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12 A Review of the State of the Field. <i>Educational Researcher</i> , 42(1), 38-43.
1	3	0,08	Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. <i>Computers & Education</i> , 72, 145-157.
2	9	0,90	Denning, P. J. (2003). Great principles of computing. <i>Communications of the ACM</i> , 46(11), 15-20.
2	9	0,00	Denning, P. J. (2005). Is computer science science?. <i>Communications of the ACM</i> , 48(4), 27-31.
2	4	0,71	Hambusch, S., Hoffmann, C., Korb, J. T., Haugan, M., & Hosking, A. L. (2009). A multidisciplinary approach towards computational thinking for science majors. <i>ACM SIGCSE Bulletin</i> , 41(1), 183-187.
2	2	0,16	Graham, S., & Latulipe, C. (2003, February). CS girls rock: sparking interest in computer science and debunking the stereotypes. In <i>ACM SIGCSE Bulletin</i> (35(1), pp. 322-326). ACM.
3	16	0,22	National Research Council. (2010). <i>Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking</i> . National Academies Press.
3	11	0,32	Bundy, A. (2007). Computational thinking is pervasive. <i>Journal of Scientific and Practical Computing</i> , 1(2), 67-69.
3	8	0,09	Wing, J. M. (2006). Computational thinking. <i>Communications of the ACM</i> , 49(3), 33-35.
3	7	0,12	Kelleher, C., & Pausch, R. (2006). Lowering the barriers to programming: A taxonomy of programming environments and languages for novice programmers. <i>ACM Computing Surveys (CSUR)</i> , 37(2), 83-137.
4	25	0,88	Guzdial, M. (2008). Education Paving the way for computational thinking. <i>Communications of the ACM</i> , 51(8), 25-27.
4	6	0,00	Qualls, J. A., & Sherrill, L. B. (2010). Why computational thinking should be integrated into the curriculum. <i>Journal of Computing Sciences in Colleges</i> , 25(5), 66-71.
4	5	0,05	Denning, P. J. (2009). The profession of IT Beyond computational thinking. <i>Communications of the ACM</i> , 52(6), 28-30.
4	4	0,02	Goldin, D., Smolka, S. A., & Wegner, P. (Eds.). (2006). <i>Interactive computation: The new paradigm</i> . Springer Science & Business Media.
5	23	0,47	Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. <i>Communications of the ACM</i> , 52(11), 60-67.
5	7	0,07	National Research Council. (2012). <i>A framework for k-12 science education: Practices, crosscutting concepts and core ideas</i> . National Academies Pr.
5	5	0,0	Kelleher, C., & Pausch, R. (2007). Using storytelling to motivate programming. <i>Communications of the ACM</i> , 50(7), 58-64.
5	4	0,21	Guzdial, M. (2009). Education Teaching computing to everyone. <i>Communications of the ACM</i> , 52(5), 31-33.
5	2	0,21	Eden, A. H. (2007). Three paradigms of computer science. <i>Minds and machines</i> , 17(2), 135-167.
6	12	0,00	Margolis, J., Holme, J., Estrella, R., Goode, J., Nao, K., & Stumme, S. (2008). Stuck in the shallow end: Race, education, and computing.
6	10	0,06	Denner, J., Werner, L., & Ortiz, E. (2012). Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts?. <i>Computers & Education</i> , 58(1), 240-249.
6	8	0,03	Basawaputra, A., Koh, K. H., Reppening, A., Webb, D. C., & Marshall, K. S. (2011, March). Recognizing computational thinking patterns. In Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education (pp. 245-250). ACM.
6	6	0,13	Kelleher, C., Pausch, R., & Klesler, S. (2007, April). Storytelling alice motivates middle school girls to learn computer programming. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 1455-1464). ACM.

ilişki, programlama öğrenme süreçlerinin öğrenme analitikleri ile incelenmesi gibi programlama öğretiminin farklı yönlerine odaklanmaktadır.

CiteSpace programı, ortak atıf ağlarının öne çıkan özelliklerinin ve farklı yayınların alana katkılarının kolayca fark edilebilmesi için bazı görsel ipuçları kullanmaktadır. Ortak atıf ağı gösterimlerinde yayınları sembolize eden düğümlerin yarı çaplarının genişliği o yayının aldığı atıf sayısı ile orantılı olarak sunulmaktadır. Şekil 2'ye bakıldığında Wing (2006,2008), Guzdial, (2008), Resnick ve diğerleri (2009) ve Barr ve Stephenson'ın (2011) hesaplamalı düşünme alanyazınında en çok atıf alan çalışmalar olduğu görülmektedir. Bir araştırma alanının ortak atıf analizi ile incelenmesinde kullanılan ölçütlerden biri de Freeman'ın 'arasındalık merkeziliği' ölçütüdür. Bir düğümün arasındalık merkeziliği, o düğümün içinde bulunduğu ağı birleştirmedeki rolünün bir göstergesidir (Freeman, 1979).

Merkezilik derecesi yüksek düğümlerin ağda stratejik olarak önemli düğümler olduğu kabul edilmektedir. CiteSpace ortak atıf ağlarında yüksek arasındalık merkeziliğine sahip yayınlara ilişkin düğümler pembe halka ile göstermektedir. Pembe halkanın kalınlığı düğümün temsil ettiği yayının merkezilik derecesi ile orantılıdır (Chen, 2009). Bu bağlamda değerlendirildiğinde, Denning (2003), Guzdial (2008), Hambrusch ve diğerleri (2009) ve Wing'in (2006)farklı alt alanları bütünleştirerek hesaplamalı düşünme araştırma alanının oluşmasına önemli katkı sağladığı görülmektedir. Guzdial'in (2008) hesaplamalı düşünmenin, hesaplama eğitimi (computing education) araştırmalarında elde edilen bulgulardan yola çıkılarak gerçekleştirilebileceğini öne sürdüğü çalışmasının "Giriş düzeyi programlama öğretimi (learning introductory programming)" "Derste Öğretim (Course Teaching)", "Çoğulcu programlama (Programming Pluralism)" ve "İlerleme (Progress)" alt alanları arasında köprü görevi gördüğü, dolayısıyla alanın gelişimi açısından büyük öneme sahip olduğu görülmektedir. Benzer bir biçimde, Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi tarafından düzenlenen hesaplamalı düşünmenin tanımı, uygulanabilirliği ve öğretilirliği gibi konulara odaklanan atölye çalışmasının raporu (National Research Council, 2010) "Okul (School)", "Ders Öğretimi (Course Teaching)" ve "Deneyimsiz Programcı (Novice Programmer)" alt alanları arasında köprü görevi görmektedir ve alan açısından önemli yayınlardandır.

CiteSpace programı ile oluşturulan ortak atıf analizi ağlarında kırmızı halka içeren düğümler, alınan atıf sayısı belirli bir dönemde hızlı biçimde artan yayın, yazar ya da dergiyi göstermek için kullanılmaktadır. Düğümün içerdiği kırmızı halkanın genişliği, alınan atıf sayısındaki artış hızıyla orantılıdır. 2006-2016 yılları arasında hesaplamalı düşünme alanındaki çalışmalardan yola çıkılarak oluşturulan ortak atıf ağı incelendiğinde, ağdaki en merkezi çalışmanın Denning (2003) olduğu ve bu yayına verilen atıfların ya da bu yayına gösterilen ilginin 2007-2011 yılları arasında hızlı bir biçimde arttığı görülmektedir. Denning'in (2003) bilgisayar bilimlerinin temel ilkelerini ve kavramlarını ortaya koyduğu bu yayının aldığı atıf sayısındaki hızlı artış, bu dönemde hesaplamalı düşünme araştırmalarının kavramın tanımlanmasına ve temel ilkelerin belirlenmesine odaklanmasının bir göstergesi olduğu söylenebilir.

CiteSpace ile belirlenen diğer hızlı atıf artışları 2014-2016 yılları arasında gerçekleşmiştir. Bu dönemde Grover ve Pea (2013) en hızlı atıf artışı gösteren yayın olmuştur. Bu çalışmada ilk ve ortaöğretim düzeyinde hesaplamalı düşünme öğretimine ilişkin akademik tartışmalar incelenmiş ve araştırma yönelimleri öngörülme çalışılmıştır. Aynı dönemde, gördüğü ilgi hızlıca artan bir diğer çalışmada Barr ve Stephenson (2011) Computer Science Teachers Association(CSTA)ve International Society for Technology in Education (ISTE) tarafından ilk ve orta öğretim için hesaplamalı düşünmenin işlevsel tanımının yapılması için gerçekleştirilen

çalışmayı özetlemiş ve hesaplamalı düşünmenin bu düzey için işlevsel tanımını oluşturmuşlardır. Denner, Werner ve Ortiz'in (2012) kız ortaokul öğrencilerinin oyun tasarımı ve programlanması etkinliklerine katılmalarının bilgisayar bilimleri kavramlarını öğrenmelerine etkilerini incelediği çalışma, 2014-2016 döneminde atıf patlaması yaşayan bir diğer çalışma olmuştur. Atıf artışları üzerinden yapılan incelemede de hesaplamalı düşünme alanyazınında Wing (2006) tarafından ortaya konulmasından sonra uzun bir dönem hesaplamalı düşünmenin ne olduğu tartışıldığı, son yıllarda ise kavramın ilk ve orta öğretim düzeyi için nasıl tanımlanması ve öğretilmesi gerektiğinin tartışıldığı görülmektedir.

CiteSpace ile oluşturulan ortak atıf ağlarında iki düğüm arasındaki bağlantı rengi, bu bağlantının ilk kez hangi dönemde kurulduğunu göstermektedir. Mavi renk ele alınan zaman aralığının başında oluşan bağlantıları gösterirken, son yıllarda gerçekleşen bağlantılar turuncu rengi ile ifade edilmektedir. Bu çalışma için oluşturulan ağda; mavi renk 2006, turuncu rengi ise 2016 yılında oluşan bağlantıları göstermektedir. Şekil 2 incelendiğinde bilgisayar bilimleri alanının temel kavramlarının tartışıldığı alt alan #2 ve hesaplamalı düşünmenin tanım ve kapsamının tartışıldığı alt alan#0'daki ortak atıf bağlantılarının, diğer alt alanlardan daha önce oluştuğu görülmektedir. Bunlar dışında programlama öğretimiyle ilgili alt alanların da oluşum tarihlerinin eski olduğu görülmektedir. Öte yandan "Okul" olarak adlandırılan alt alanın (#1) son dönemde oluştuğu görülmektedir (bkz. Şekil 2).

Yazar Ortak Atıf Analizi Ağı

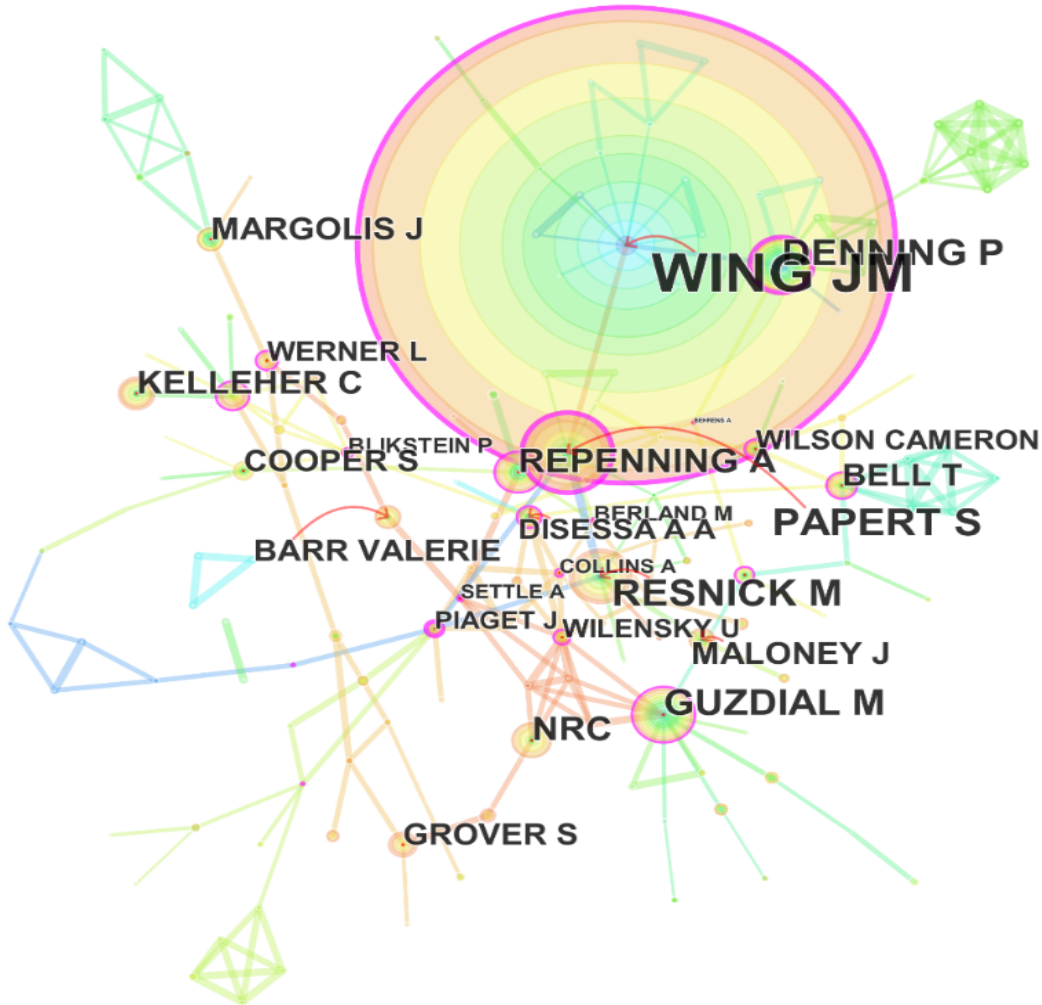
Şekil 3'de verilen yazar ortak atıf ağı incelendiğinde kolayca farkedilebileceği gibi Jeanette Wing hesaplamalı düşünme araştırmaları üzerindeki en etkili ve en çok atıf alan yazardır (bkz. Tablo 4). Hesaplamalı düşünme konusunda yaygın kabul gören bir tanım oluşturan ve bu düşünme biçiminin herkese öğretilmesinin topluma sağlayabileceği katkıları ortaya koyan Wing, yazar ortak atıf ağında merkezilik derecesi sıralamasında ikinci sıradadır. Çocukların düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmek için logo programlama dilini geliştiren Seymour Papert alanda aldığı atıf sayısı bakımından ikinci, merkezilikte ise birinci sıradadır. Seymour Papert gibi MIT Media Lab bünyesinde "programlanabilir bloklar" teknolojisini geliştiren ve çocuklar için programlama dili (Scratch) geliştirilmesinde katkı sağlayan Michael Resnick, alanda en çok atıf alan üçüncü araştırmacıdır. Giriş düzeyinde bilgisayar programlamanın nasıl öğretilbileceği, bağlamsallaştırılmış bilgisayar eğitimi yaklaşımının bilgisayar programlamaya karşı öğrenci ilgisini artırma ve bu ilgiyi sürdürmedeki rolü ile ilgili araştırmaları ile tanınan Mark Guzdial ise alanda en çok atıf alan dördüncü yazardır. Hesaplamalı düşünme alanındaki çalışmalarda en çok atıf verilen beşinci yazar Peter Denning'tir. Denning'in bilgisayar bilimlerinin temel ilkeleri, doğası ve bilgisayar eğitimi ile ilgili konularda çalışmaları bulunmaktadır. Geneva Üniversitesinde uzun yıllar Seymour Papert ile birlikte çalışan Piaget, yazar ortak atıf ağında merkezilik derecesi bakımından üçüncü sırada yer almıştır. Atıf sayısı bakımından ilk beş sıradaki yazarlar incelendiğinde hepsinin Amerika Birleşik Devletleri'nde çalıştığı ve bilgisayar bilimleri alanında doktora derecesine sahip oldukları görülmektedir.

Yazarlara ilişkin hızlı atıf artışları incelendiğinde bilgisayar bilimlerinin temel ilkeleriyle ilgili yayınlarıyla tanınan Peter Denning'e verilen atıfların 2007-2010 döneminde hızlı bir artış gösterdiği görülmektedir. Bireylerin bilgisayar bilimlerine ilişkin motivasyon kaynakları ve bilgisayar bilimlerinin kadınlar arasında daha az ilgi görmesinin nedenleri ile ilgili konularda çalışan Jane Margolis'e verilen atıfların 2010-2011 döneminde hızlı bir artış gösterdiği görülmektedir. 2012-2013 arasında Alan Turing'e, 2014-2016 arasında ise hesaplamalı

düşünme becerilerinin geliştirilebilmesi için eğitim programı, araç ve öğrenme ortamlarının nasıl düzenlenmesi gerektiği ile ilgilenen Brenan ve Grover'a verilen atıflarda hızlı bir artış görülmüştür.

Tablo 4.Arasındalık Merkeziliği ya da Alınan Atıflara Göre İlk Beş Sıradaki Yazarlar

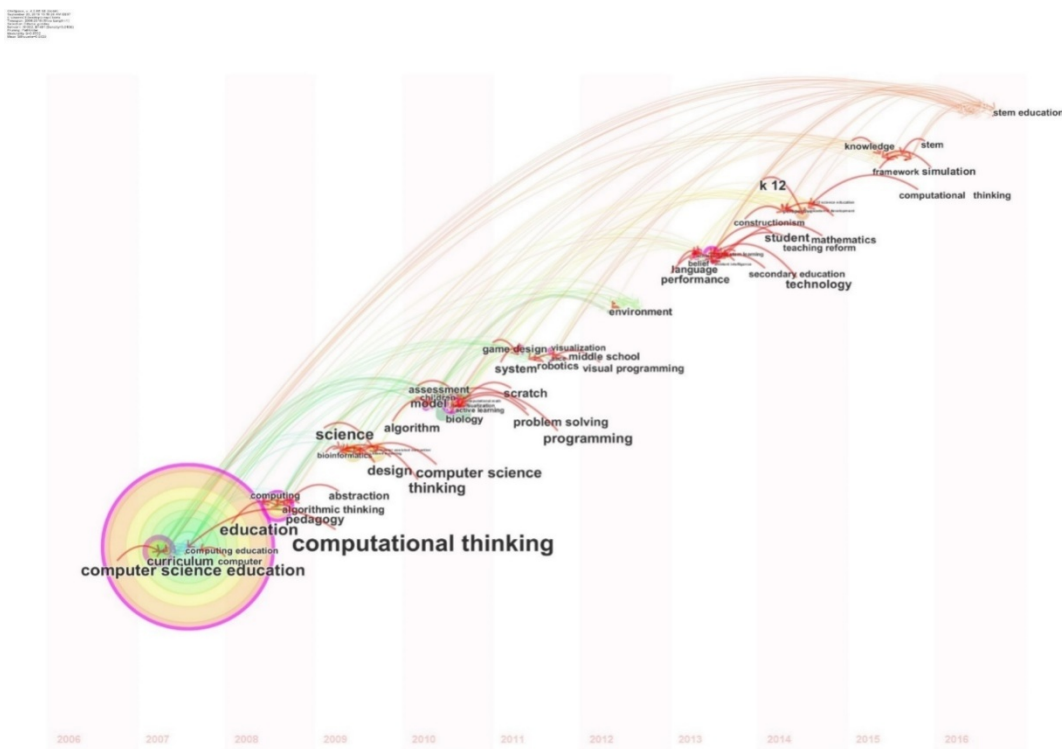
Yazar Adı	Atıf Sayısı	Atıf Sırası	Merkezilik	Merkezilik Sırası
Wing JM	329	1	0.27	2
Papert S	92	2	0.30	1
Resnick M	45	3	0.09	23
Guzdial M	43	4	0.18	8
Denning P	42	5	0.23	4
Piaget J	11	27	0.26	3
Disessa AA	18	16	0.20	5



Şekil 3. Hesaplamalı Düşünme Yazar Ortak Atıf Ağı

Sık Kullanılan Kelimelerin Zamana Göre Değişimi

Yayın ve yazar ortak atıf analizi sonucunda hesaplamalı düşünme alanındaki temel araştırma alt alanları ve bunların zamanla değişimine ilişkin bulgular elde edilmeye çalışılmıştır. Bibliyometrik çalışmalarda, ele alınan araştırma alanının alt alanları ve eğilimlerin değişimlerinin ortaya konulabilmesi için kullanılan yöntemlerden biri de özet, başlık, anahtar kelime ve tam metinde yer alan kelimelerin ya da kelime gruplarının kullanım sıklığının zamanla değişiminin incelenmesidir. Bu çalışmada hesaplamalı düşünme çalışmalarındaki yönelimlerin belirlenebilmesi için başlık, özet ve anahtar kelimeler CiteSpace programı ile incelenmiş ve her bir zaman aralığında en çok kullanılan kelimeler, zaman çizelgesi üzerinde görselleştirilmiştir (bkz. Şekil4).



Şekil 4. Hesaplamalı Düşünme Araştırmalarında Sık Kullanılan Kelimelerin Zaman Çizelgesi Gösterimi

Şekil 4. incelendiğinde 2006 ve sonraki birkaç yılda yayınlanan çalışmalarda "bilgisayar bilimleri (computer science)", "hesaplamalı düşünme (computational thinking)", "hesaplama (computing)", "soyutlama (abstraction)", "algoritmik düşünme (algorithmic thinking)", "pedagoji (pedagogy)" gibi temel kavramlara odaklanıldığı görülmektedir. 2010 ve sonrasında ise odak, çocuklara hesaplamalı düşünme öğretimi ile ilgili çalışmalara kaymaktadır. Bu dönemde "problem çözme (problem solving)", "oyun tasarımı (game design)", "scratch", "programlama (programming)", "alice", "görselleştirme (Visualization)", "orta okul (middle school)", "robotics" gibi kavramların daha çok kullanıldığı görülmektedir. 2014 ve sonrasında ise hesaplamalı düşünmenin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) alanına dahil edilmesi ile ilgili çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Bu dönemde öne çıkan kelimeler "K-

12”, “Bağlantıcılık (Constructionism)”, “Fen Eğitimi (Science Education)”, “FeTeMM (STEM)”, “Matematik (Mathematics)” ve “Eğitim Reformu” olmuştur. Hesaplamalı düşünme araştırmalarının yönelimleriyle ilgili yayınlarda kullanılan kelimelerin analizinden elde edilen bulgular, yayın ve yazar ortak atıf analizinde elde edilen bulgular ile büyük oranda örtüşmektedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada 2006-2016 yılları arasında gerçekleştirilen hesaplamalı düşünme çalışmaları, bibliyometrik yöntemlerle incelenmiş ve alanın alt çalışma alanları, alandaki yönelimler, alanda öne çıkan yayın, yazar ve kavramlar belirlenmeye çalışılmıştır. Ortak atıf analizi yöntemi, bilimsel uzmanlık gruplarının (specialty) yapısının ve gelişiminin haritalanabilmesi için önemli bir araç sağlamaktadır. Bu çalışmada hesaplamalı düşünme alanının yapısının ve değişiminin ayrıntılı bir biçimde ortaya konulabilmesi için elde edilen veriler hem yazar hem de yayınlar kullanılarak ortak atıf çalışması ile incelenmiştir. Alanın zamanla değişiminin anlaşılabilmesi için ortak atıf kümelerinin ortaya çıkış tarihlerinden ve anahtar kelime, başlık, özet gibi alanlarda kelimelerin kullanım sıklığının yıllara göre değişimi incelenmiştir.

Araştırmada elde edilen bulgular göstermiştir ki, “Hesaplamalı Düşünme”, eğitim ve bilgisayar bilimleri alanında gittikçe daha yaygın olarak çalışılmaktadır. Çalışma alanlarının hesaplamalı düşünmenin tanımlanması ve kapsamının belirlenmesi, bilgisayar bilimlerinin tanım ve kapsamı, ilk ve orta öğretim programlarına hesaplamalı düşünme eğitiminin nasıl dahil edilebileceği, bu düzey için hesaplamalı düşünmenin nasıl tanımlanabileceği, programlama öğretimi gibi konular oluşturmaktadır. Bu alanda çalışılan konuların zamanla değişimleri incelendiğinde ise ilk yıllarda daha çok hesaplamalı düşünmenin tanım ve kapsamına odaklanan araştırmaların sonraki yıllarda bu düşünme biçiminin ilk ve orta öğretimde nasıl öğretilebileceğine odaklandığı görülmektedir. Son yıllarda ise hesaplamalı düşünmenin FeTeMM alanına dahil edilmesi ile ilgili araştırmaların arttığı görülmektedir. Hesaplamalı düşünme bir araştırma alanı olarak henüz başlangıç aşamasındadır. Bu nedenle hesaplamalı düşünmenin ilk ve orta öğretimde öğretilmesinin gerekliliğine ilişkin birçok çalışma bulmak mümkündür. Ancak, somut olarak öğretim programlarına nasıl eklenebileceği, hesaplamalı düşünmenin öğretimi için hangi yöntemlerin kullanılabilmesi ve bunların etkililiği, hesaplamalı düşünme örüntülerinin nasıl tanınabileceği ve değerlendirilebileceği ile ilgili çalışmalar oldukça azdır (Shailaja ve Sridaran, 2015).

Araştırma sonuçları göstermektedir ki hesaplamalı düşünmenin bilgisayar bilimleri ile ilişkisi, bu düşünme biçiminin ilköğretim düzeyi için nasıl tanımlanabileceği ve öğretilabileceği ile ilgili bir bilgi tabanı oluşmaktadır. Ancak hesaplamalı düşünmenin neden her çocuğa öğretilmesi gerektiği ile ilgili alan yazın yok denecek kadar azdır. Hesaplamalı düşünmenin her çocuğa öğretilmesi ile ilgili çabalar temel olarak bu düşünme biçiminin farklı alanlardaki problemlerin çözümünde kullanılabilmesi (Papert, 1980, Wing, 2006) görüşüne dayandırılmaktadır. Bu görüş, bir bağlamdaki öğrenmenin başka bağlamlardaki sorunların çözümü için transfer edilebileceği kabulüne dayanmaktadır. Buckingham (2015) bu durumu, “Kodlama ile antreman yapanların başka bir bağlamda karşılaştıkları sorunları hesaplamalı düşünme ile çözecekleri inancı” olarak özetlemektedir. Buckingham’a göre bilgisayar programlama ile uğraşmanın kişilerin problem çözme becerilerini geliştirdiği görüşü, araştırma sonuçlarına dayanmamaktadır.

Bu araştırmada elde edilen bulgular, hesaplmalı düşünme alanyazının temel tartışmalarından birinin hesaplmalı düşünmenin ne olduğu, diğer düşünme biçimlerinden nasıl farklılaştığı, bilgisayar bilimleri ile ilgisinin ne olduğu (National Research Council, 2011; Weintrop ve diğer., 2015) gibi alanın tanımlanması ile ilgili konular olduğu iddiasını desteklemektedir. Audet'e (1986, Akt. Banville ve Landry, 1989) göre bir araştırma alanının oluşum sürecinde araştırmacılar; o alanın tanımlanması, alandaki bilgi üretim biçiminin ve alandaki temel araştırma konularının belirlenmesi için bir yarış halindedirler. Her araştırmacı alanı kendi düşünceleri etrafında biçimlendirme eğilimindedir. Araştırma alanlarının yapısı, bu rekabet sürecinin bir ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. İlk ve ortaöğretim düzeyi için hesaplmalı düşünme alanının tanımlanmasında ve sınırların belirlenmesinde CSTA, ISTE gibi kuruluşların ve genel olarak ABD'li araştırmacıların özellikle de MIT Media Lab bünyesinde çalışan araştırmacıların etkili olduğu görülmektedir.

Hesaplmalı düşünmenin ilk ve ortaöğretim düzeyi için işlevsel tanımının yapıldığı alt alanın en merkezi yayınlarından olan Barr ve Stephenson (2011), hesaplmalı düşünmeyi algoritmik problem çözme yaklaşımı olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşımda temel olarak öğrencilere problemin çözümünün ardışık çözüm adımları biçimine getirmesi öğretilmektedir. Stein (1999) klasik hesaplama yaklaşımı olarak adlandırdığı bu yaklaşımın öğrencilerin problem çözme becerilerini artırmayacağını, aksine körelteceğini öne sürmektedir. Günümüzde hesaplama işlemleri, ağa bağlı farklı araçların eş zamanlı bir şekilde koordineli olarak çalışmasıyla gerçekleştirilmektedir. World Wide Web (WWW) ve sanal gerçeklik bu durumun en açık örnekleridir. Bir başka anlatımla bilgisayar bilimleri alanında geline nokta klasik hesaplama yaklaşımı ile açıklanamayacak durumdadır. Bu durum bilgisayar bilimleri alanında bir paradigma değişimini işaret etmektedir (Stein, 1999). Bilgisayar bilimlerindeki bu değişimlerin ilk ve orta öğretim düzeyi için oluşturulan hesaplmalı düşünme tanım ve içeriklerine de yansıtılması gerekmektedir.

Hesaplmalı düşünme alanyazının en çok faydalandığı alanlardan biri, bilgisayar programlama öğretimiyle ilgili çalışmalardır. Hesaplmalı düşünme kavramı ile programlama öğretimi alanyazında sıklıkla birlikte kullanılmakta ve aradaki çizgi muğlaklaşmaktadır. Hesaplmalı düşünme öğretimi için bilgisayar programlama zorunlu bir bağlam değildir. Ancak programlama öğretimi, hesaplmalı düşünme öğretiminin yaygın bir yolu olarak öne çıkmaktadır (Voogt, Fisser, Good, Mishra ve Yadav, 2015). C, C#, Python gibi geleneksel programlama dillerinin sunumları bilgisayarın çalışma mantığına oldukça yakındır (Smith, Cypher, & Tesler, 2000). Ancak bu dilleri kullanarak yazılım geliştirmek ilk ve orta öğretim düzeyindeki öğrenciler için oldukça zordur. Scratch, Alice gibi görsel programlama dilleri esneklik bakımından geleneksel programlama dilleri kadar güçlü olmasa da öğrenilmeleri görece daha kolaydır. Bu dillerde komutlar 'sürükle bırak' mantığı ile sıralanabilmekte, dolayısıyla öğrencilerin bilişsel yükleri düşük düzeyde tutulabilmektedir. Bu sayede öğrencilerin programlamanın ve bilgisayarın çalışma mantığına odaklanabilmeleri ve hesaplmalı düşünme becerilerini geliştirmeleri kolaylaşmaktadır (Lye ve Koh, 2014).

Hesaplmalı düşünme, bir problem çözme yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla herhangi bir içerik türüne özgü bir yaklaşım değildir. Hesaplmalı düşünme farklı alanlardaki problemlere uygulanabilecek beceriler içermektedir. Birçok alandaki problemlere uygulanabilmesi hesaplmalı düşünmenin güçlü yönü olarak ortaya çıksa da belirli bir içeriğin olmaması bu düşünme biçiminin öğretimini güçleştirmektedir. Bu nedenle hesaplmalı düşünme öğretimi çoğu zaman Fen, Matematik, Mühendislik gibi farklı içerik alanları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Hesaplmalı düşünme yaklaşımı FeTeMM alanının içeriği

ile birleştirildiğinde hesaplamalı düşünme için bir bağlam sağlanmaktadır (National Research Council, 2011; Sengupta, Kinnebrew, Basu, Biswas ve Clark, 2013). Bunun yanında hesaplamalı düşünmenin ve bilişim teknolojilerinin kullanımının FeTeMM alanında öğrencilere derin öğrenme olanakları sunduğu da öne sürülmektedir. Dolayısıyla hesaplamalı düşünmenin FeTeMM alanı ile bütünleştirilmesi, her iki alanın öğrenimini kolaylaştırdığı söylenebilir. Bu dayanaklar ve bu araştırmada elde edilen bulgular hesaplamalı düşünme öğretiminin FeTeMM alanına dahil edilmesiyle ilgili çalışmaların önümüzdeki dönemde yoğun ilgi göreceğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir.

Alanda etkili olan çalışma ve yazarlar incelendiğinde bilgisayar programlamanın prosedürel düşünme becerisini geliştirerek öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirebileceği fikrini ilk kez ortaya koyan Seymour Papert'in alandaki en merkezi isim olduğu görülmektedir. Prosedürel düşünme birebir aynı olmasa da hesaplı düşünme ile oldukça benzerdir. Papert MIT Media Lab'da "programlanabilir bloklar" yaklaşımını kullanan programlama dillerinin öncülerinden olan LOGO programlama dilini geliştiren kişilerden biridir. Papert aynı zamanda bir dönem birlikte çalıştıkları Piaget'nin fikirlerinden yola çıkarak "yapıcılık" (constructionism) kuramını geliştirmiştir. Yapıcılık, anlam oluşturma ya da öğrenme sürecinin özellikle öğrenen paylaşılabılır bir nesne ya da tasarım geliştirdiğinde daha başarılı olacağını öne sürmektedir. Bir başka anlatımla yapıcılık kuramına göre tasarım ve öğrenme alanlarını iç içedir. Öğrenen tasarım yaparak ve bu tasarımları gerçekleştirerek daha kolay öğrenir (Kafai ve Resnick, 1996). Bu nedenle, öğrenci eseri ya da bir varlığı kullanmaya değil onu üretmeye, tasarlamaya yönlendirilmelidir (Peppler ve Kafai, 2007). Hem programlanabilir bloklar yaklaşımı hem de yapıcılık kuramı hesaplamalı düşünmenin öğretilmesi için geliştirilen scratch vb. araç ve etkinlikler için de temel oluşturmuştur. Seymour Papert'in öğrencilerinden Mitchel Resnick, alanda öne çıkan araştırmacılardan bir diğeridir. Resnick'de Papert gibi yapıcılık kuramı ile ilgili çalışmalar yapmış, programlanabilir bloklar yaklaşımıyla Scratch programlama dilinin ve LEGO mindstorm robotlarının geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Bu durum hesaplamalı düşünme öğretimi ile ilgili çalışmaların kuramsal açıdan yapıcılık yaklaşımı üzerinde şekillendiğinin bir göstergesi olarak görülebilir.

Hesaplamalı düşünme alanyazının ABD'de gerçekleştirilen çalışmalarla yönlendirildiği açıkça görülmektedir. Bu durum hem hesaplamalı düşünmenin ilk ve orta öğretime programlarına nasıl dahil edilebileceği ile ilgili tartışmalarda hem de bu düzey için hesaplamalı düşünmenin işlevsel tanımlamasının yapılmasında geçerlidir. Ancak toplumların; ekonomik, sosyal ve kültürel yapıları dolayısıyla bilgisayar teknolojileriyle ilişkileri bir birbirlerinden farklılıklar göstermektedir. Dolayısıyla hesaplamalı düşünme öğretimi ulusal eğitim programlarına dahil edilirken bu farklılıklar göz önüne alınmalıdır. Bu da ancak o kültürde hesaplamalı düşünme alanında yapılacak bilimsel çalışmalar tarafında oluşturulacak bilgi tabanı kullanılarak gerçekleştirilebilir.

ABD'nin teknoloji ve yenilik konusunda öncü bir ülke olduğu bilinmektedir. Ancak ABD de uzun süredir bilgisayar bilimleri ve mühendislik gibi alanlarda iyi yetişmiş eleman eksikliği yaşanmaktadır (Liu, Newsom, Schunn ve Shoop, 2013). Bu eksikliğin giderilmesi için bilgisayar bilimleri eğitimi ortaokul ve lise düzeyine çekilmiştir (National Commission of Excellence in Education, 1983). Ancak bu girişim bilgisayar bilimleri ile ilgili mesleklerin tercih edilme oranını artırmamıştır. Araştırmacılar bu durumun nedeni olarak eğitim programlarında daha çok temel bilgisayar becerilerine ya da düşük seviye programlama eğitimine odaklanılmasını göstermektedir (Goode, Estrella ve Margolis 2005). Bu program, öğrencilerin bilgisayar bilimleri ile ilgili iş alanlarını, yaratıcılıktan ve gerçek hayat problemlerinden uzak, soyut

problemlerle uğraşan, sadece en çalışkan ya da zeki kişilerin başarılı olduğu alanlar olarak algılamasını sağlamıştır (Stonedahl, Wilkerson-Jerde ve Wilensky, 2011). Hesaplamalı düşünme araştırmalarının gelişimi ve kapsamı bu bağlamda değerlendirilebilir.

Sınırlılıklar ve Öneriler

Bu çalışmanın sonuçları yorumlanırken göz önünde bulundurulması gereken bazı sınırlılıklar vardır. Öncelikle ortak atıf çalışmalarında bütün atıflar aynı kabul edilmektedir. Ancak atıfların verilmiş amaçları farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin bazı atıflar, atıf verilen yayının araştırma bulgularını kullanmak için verilirken; bazı atıflar, atıf verilen çalışmadaki eksik ya da hatalı yönlerden bahsederken verilmiş olabilir. Ancak bu durumun orta atıf analizi çalışmalarının sonuçlarını önemli oranda etkilemediği öne sürülmektedir (Nerur, Rasheed ve Natarajan, 2008). Bu çalışmanın bir diğer sınırlılığı, bütün verilerin WoS veri tabanından elde edilmiş olmasıdır. WoS veri tabanı SCI, SSCI, AHCI gibi önde gelen indeksleri kapsamına karşın farklı dillerdeki ulusal yayınların önemli bir kısmı bu veri tabanında taranamamaktadır. Dolayısıyla hesaplamalı düşünme alanı için yapılacak benzer çalışmaların farklı veri tabanlarından elde edilecek verileri kullanması, alanın yapısının ve yönelimlerin daha açık bir biçimde ortaya konulmasına olanak sağlayabilir.

Kaynakça

- Archambault, É., Campbell, D., Gingras, Y., & Larivière, V. (2009). Comparing bibliometric statistics obtained from the Web of Science and Scopus. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(7), 1320-1326.
- Banville, C., & Landry, M. (1989). Can the Field of MIS be Disciplined?. *Communications of the ACM*, 32(1), 48-60.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community?. *Acm Inroads*, 2(1), 48-54.
- Buckingham, D. (2015). Why children should NOT be taught to code. <http://davidbuckingham.net/2015/07/13/why-children-should-not-be-taught-to-code/>.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Chen, C. (2004). Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(suppl 1), 5303-5310.
- Culnan, M. J. (1986). The intellectual development of management information systems, 1972–1982: A co-citation analysis. *Management Science*, 32(2), 156-172.
- Czerkowski, B. C. (2015). Educational Computing and Computer Science. *Issues and Trends in Educational Technology*, 3(2).

- Denner, J., Werner, L., & Ortiz, E. (2012). Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts?. *Computers & Education*, 58(1), 240-249.
- Denning, P. J. (2003). Great principles of computing. *Communications of the ACM*, 46(11), 15-20.
- di Stefano, G., Peteraf, M., & Verona, G. (2010). Dynamic capabilities deconstructed: A bibliographic investigation into the origins, development, and future directions of the research domain. *Industrial and Corporate Change*, 19(4), 1187–1204.
- Egghe, L. (2006). Theory and practise of the g-index. *Scientometrics*, 69(1), 131-152.
- Freeman, L.C., 1979. Centrality in networks: I. conceptual clarification. *Social Networks* 1, 215–239.
- Goode, J., Estrella, R., & Margolis, J. (2006). Lost in translation: Gender and high school computer science. In J.M. Cohoon & W. Aspray (Eds.), *Women and information technology: Research on underrepresentation* (pp. 89-114). Cambridge, MA: MIT Press.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12 A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.
- Hambrusch, S., Hoffmann, C., Korb, J. T., Haugan, M., & Hosking, A. L. (2009). A multidisciplinary approach towards computational thinking for science majors. *ACM SIGCSE Bulletin*, 41(1), 183-187.
- ISTE & CSTA (2011). Computational thinking. Teacher resources. http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/472.11CTTeacherResources_2ed-SP-vF.pdf.
- Kafai, Y. B., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*. Routledge.
- Liu, G., Jiang, R., & Jin, Y. (2014). Sciatic nerve injury repair: a visualized analysis of research fronts and development trends. *Neural regeneration research*, 9(18), 1716.
- Liu, A., Newsom, J., Schunn, C., & Shoop, R. (2013). Students learn programming faster through robotic simulation. *Tech Directions*, 72(8), 16.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?. *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61.
- McCain, K. W. (1990). Mapping authors in intellectual space: A technical overview. *Journal of the American society for information science*, 41(6), 433.
- National Commission of Excellence in Education (Ed.). (1983). *A Nation at Risk: The Imperative For Educational Reform*.
- National Research Council. (2011). *Report of a Workshop of Pedagogical Aspects of Computational Thinking*. Washington, D.C.: The National Academies Press
- Newman, M. E., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical review E*, 69(2), 026113.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc..

- Peppler, K. A., & Kafai, Y. B. (2007). From SuperGoo to Scratch: Exploring creative digital media production in informal learning. *Learning, Media and Technology*, 32(2), 149-166.
- Price, D. D. S. (1963). *Little science, big science*. New York: Columbia University Press.
- Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, 20, 53-65.
- Salton, G., Wong, A., & Yang, C. S. (1975). A vector space model for automatic indexing. *Communications of the ACM*, 18(11), 613-620.
- Schvaneveldt, R.W. (Ed.). (1990). *Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization*. Norwood, NJ: Ablex.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 1-30.
- Shailaja, J., & Sridaran, R. (2015). Computational Thinking the Intellectual Thinking for the 21st century. *International Journal of Advanced Networking & Applications*, May 2015 Special Issue, 39-46.
- Smith, D. C., Cypher, A., & Tesler, L. (2000). Programming by example: novice programming comes of age. *Communications of the ACM*, 43(3), 75-81.
- Stein, L. A. (1999). Challenging the computational metaphor: Implications for how we think. *Cybernetics & Systems*, 30(6), 473-507.
- Stonedahl, Wilkerson-Jerde, & Wilensky, U. (2011). Re-conceiving Introductory Computer Science Curricula through Agent-based Modeling. *Proceedings of the EduMAS Workshop at AAMAS '09, May 12. Budapest, Hungary*. pp. 63-70.
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728.
- Wang, D., Wang, T., & Liu, Z. (2014). A tangible programming tool for children to cultivate computational thinking. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Weinberg, A. E. (2012). *Computational Thinking: An Investigation of the Existing Scholarship and Research*. Unpublished manuscript.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2015). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology* (1-21)
- White, H. D., & McCain, K. W. (1998). Visualizing a discipline: An author co-citation analysis of information science, 1972-1995. *Journal of the American society for information science*, 49(4), 327-355.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical transactions of the royal society of London A: mathematical, physical and engineering sciences*, 366(1881), 3717-3725.

Wing, J.M. (2016, Mart). Computational thinking, 10 years later.

<https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/computational-thinking-10-years-later/> adresinden erişildi.

Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. TechTrends, 1-4.

Zhao, R., & Wang, J. (2011). Visualizing the research on pervasive and ubiquitous computing. Scientometrics, 86(3), 593-612.