

HAREKET TEMELLİ İŞLEMLER TEKNOLOJİSİNİN EĞİTİME MUHTEMEL KATKILARI

Sevda Küçük
İstanbul Üniversitesi
s.sevdakucuk@gmail.com

Melike Aydemir
Atatürk Üniversitesi
melikeaydem@gmail.com

Yüksel Göktaş
Atatürk Üniversitesi
yuksel.goktas@hotmail.com

Özet

İnsan bilgisayar etkileşimi, uygun teknolojilerin tasarımı, değerlendirilmesi ve uygulanması ile ilgilenen disiplinler arası bir çalışma alanıdır. Geliştirilen çeşitli yöntem ve uygulamalarla bu alanda büyük gelişmeler kaydedilmiştir. İnsan hareketlerinin algılanmasına yönelik teknolojiler arasında yer alan hareket temelli işlemler bu alandaki gelişmelerden birisidir. Hareket temelli işlemler elektronik cihazların vücut hareketleriyle kontrol edilebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu teknoloji mühendislik, sanat, oyun ve eğitim gibi birçok alanda etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu çalışmanın amacı hareket temelli işlemler teknolojisinin eğitimde kullanılmasının muhtemel katkılarını belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda hareket temelli işlemler teknolojisinin eğitim ortamlarına sunabileceği katkılar eğlence, esneklik, işbirliği ve gerçeklik boyutlarıyla ortaya koyulmuştur. Bu teknolojilerin eğitim alanındaki potansiyelinin belirlenmesi gelecekte alanda yapılacak çalışmalara yön verici nitelikte olabilir.

Anahtar Kelimeler: Hareket temelli işlemler, eğitim teknolojisi, yeni eğilimler.

POSSIBLE CONTRIBUTIONS OF GESTURE BASED COMPUTING TECHNOLOGY TO EDUCATION

Abstract

Human-computer interaction is an interdisciplinary field which deals with designing, evaluating and implementation of appropriate technologies. It has been enormous progress in this field via various advanced methods and practices. Gesture based computing is one of the development in the detection of human gestures technology. It is defined as a computing triggered by human gestures. It can be used various areas like engineering, art, game and education. The aim of this study is to determine possible contributions of gesture based computing technology to education. For this purpose, related contributions have been presented with four dimensions: entertainment, flexibility, collaboration and reality. Determining potential of this technologies in education can be helpful for directing the future studies in this field.

Key Words: Gesture based computing, educational technology, new trends.

GİRİŞ

Etkileşim ve iletişimin her alanda önem kazandığı çağımızda, insan bilgisayar etkileşiminde geliştirilen çeşitli yöntem ve uygulamalarla büyük gelişmeler kaydedilmiştir. İnsan bilgisayar etkileşimi, etkileşimli teknolojilerin tasarımı, değerlendirilmesi ve uygulanması ile ilgilenen disiplinler arası bir çalışma alanıdır (Mulder, 1996; Quek, 1994). İnsan ve bilgisayar etkileşimi ara yüzler aracılığı ile gerçekleşir. Bu ara yüzler, yazılımın bir işlevi olabileceği gibi, çeşitli donanım bileşenleri (çevresel bileşenler) ile de etkileşim sağlanabilir. Kalem, fare ve klavye gibi birimlerle sınırlı düzeyde etkileşim sağlanırken geliştirilen yeni sistemler bu sınırlılığı ortadan kaldırmaya yöneliktir. Etkileşimin herhangi bir aygıtla değil de doğrudan vücut hareketleriyle gerçekleştirilmesi

insan bilgisayar etkileşimini sağlamada etkili bir yöntem olarak kabul görmektedir (Garg, Aggarwal ve Sofat, 2009).

Son zamanlarda insan vücudunun hareketleriyle bilgisayarlarla etkileşim kurulabilmesini sağlayan teknolojilerde hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Bu teknolojiye hareket temelli işlemler (gesture based computing) denilmektedir. Hareket temelli işlemler elektronik cihazların vücut hareketleriyle kontrol edilebilmesidir (Johnson, Smith, Willis, Levine ve Haywood, 2011). Bu teknolojiye klavyenin tuşlarına basmak sistem içinde bir hareket olarak tanımlanmazken doğrudan bilgi içeren vücut hareketleri hareket olarak kabul edilmektedir (Kurtenbach ve Hultheen, 1990). Elektronik cihazlarla etkileşimin en önemli kısmı algılamadır. Bilgisayar sistemleri etkileşim için çevresindeki bazı değişkenleri algılamak, yorumlamak ve ona göre karar döngülerini yürütmek zorundadır. Sensörler ve kameralar bu amaçla kullanılan algılama araçlarıdır. Hareket temelli işlemler teknolojisine vücut hareketleriyle verilen sinyallerin kamera ve sensörler aracılığıyla algılanabilmesi teknolojisine dayanır (Jung ve Cha, 2010).

Hareket temelli işlemler teknolojinin tarihsel süreci incelendiğinde 1963 yılında Ivab Sutherland tarafından geliştirilen Sketchpad'in bu alanda bir kilometre taşı olduğu görülmektedir. Sketchpad ile bilgisayar tarafından üretilmiş üç boyutlu bir resim ilk kez bilgisayar içinde bilgi modeline bağlı bir ekrana aktarılmıştır (Sutherland, 1963). Bu programda ışıklı bir kalem yardımıyla bilgisayar ekranına çizilen çizginin daha sonra istenildiği şekilde hareket ettirilebilmesi de mümkün olmuştur. Hareket temelli yüzey teknolojilerinde Sketchpad'in geliştirilmesinden bu yana çalışmalar devam etmiştir.

Özellikle oyun sektöründe hareket temelli işlemler teknolojisine hızlı bir yönelim olmuştur. Birçok oyun sisteminin ara yüzünde hareket algılama, dokunmatik ekranlar ve mikrofonlar kullanılmaya başlanmıştır (Bernardes, Nakamura ve Tori, 2009). Hareket temelli işlemler teknolojisini içeren oyun sistemleri kullanıcılara hareketleriyle etkileşim kurarak oyun oynama imkanı vermektedir. Bu gibi oyun sistemlerinin yanı sıra mobil cihazlar, tablet bilgisayarlar gibi teknolojiler sayesinde de birçok insan çeşitli elektronik cihazlarla fiziksel harekete dayalı işlemlerle etkileşime girme deneyimi kazanmışlardır. Günümüzde bu teknolojiyle üretilmiş mobil cihazlar, tablet bilgisayarlar, etkileşimli tahtalar gibi araçların kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Hareket temelli işlemler teknolojisine üretilen araçlarla web de gezinme ve yazma gibi işlemler kalem veya klavye kullanılmaksızın gerçekleştirilebilmektedir. Bunun yanı sıra bilişim alanındaki öncü firmalar büyük ölçekli dokunmatik görüntüler geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Muto, Dobies ve Dienfenbach, 2009).

İnsan hareketlerinin algılanmasına yönelik teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte araştırma konularında da bu yönde bir eğilim gözlenmiştir. Ancak literatür incelendiğinde hareket temelli işlemler teknolojisine araştırıldığı çalışmaların daha çok teknik boyutta kaldığı ve bu teknolojilerin uygulanmasıyla ilgili yeterince çalışmanın bulunmadığı görülmektedir. Ayrıca bu gibi sistemlere ilgi artmış olmasına rağmen günümüzdeki çalışmalarda hala kısıtlayıcı bir takım unsurlar bulunmaktadır. Çoğu uygulama, sadece belirli ışık koşullarında çalışabilme, belirli bir kamera tipi ile çalışabilme, kullanıcının renkli bir eldiven giymesi ya da çok fazla eğitici veriye ihtiyaç duyma gibi çeşitli sınırlılıklara sahiptir (Gingir, 2010). Günümüzde bu teknolojiyi uygulamada öncü olan firmalar bu sınırlılıkları ortadan kaldırmaya çalışmaktadır.

Literatür incelendiğinde son yıllarda hareket temelli işlemler teknolojisine teknik olarak uygulanabilirliğine yönelik birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir (Bhuiyan ve Picking, 2009; Garg ve diğ., 2009; Gingir, 2010; Jia ve Huosheng, 2007; Kim ve Kim, 2006). Garg ve diğ. (2009) yapmış oldukları çalışmada insan bilgisayar etkileşimi için el hareketlerini tanıma tekniklerini inceleyerek bu alandaki mevcut yaklaşımları birleştirmiş ve bu teknolojinin genel avantaj ve dezavantajlarını belirlemişlerdir. Gingir (2010) tez çalışmasında etkileşimli bilgisayar uygulamalarındaki klavye ve fare gibi girdi çevre birimleri yerine statik ve dinamik el işaretlerini kullanan bir el işareti tanıma sistemini sunmuştur. Bhuiyan ve Picking (2009) literatürdeki hareket kontrollü kullanıcı ara yüzlerine ilişkin yapılmış çalışmaları incelemiş ve teknolojiye eğilimleri, bu teknolojinin uygulama ve kullanılabilirliğini teknik açıdan ortaya koymuşlardır. Bu teknolojinin kullanımına yönelik eğitim alanındaki çalışmaların ise sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Hornof, Cavender ve Hoselton (2005) yaptıkları çalışmada göz hareketleriyle kontrol edilebilen bir yazılım geliştirmişlerdir. Bu yazılım kullanıcılara göz hareketleriyle resim çizme imkanı tanımıştır. Çocuklar, gençler ve özellikle engelli çocukların bu yazılımı başarıyla kullandıkları ve bu yazılımı kullanırken eğlendikleri ifade edilmiştir. Muto ve diğ. (2009) çalışmalarında 3 boyutlu simülasyon ve

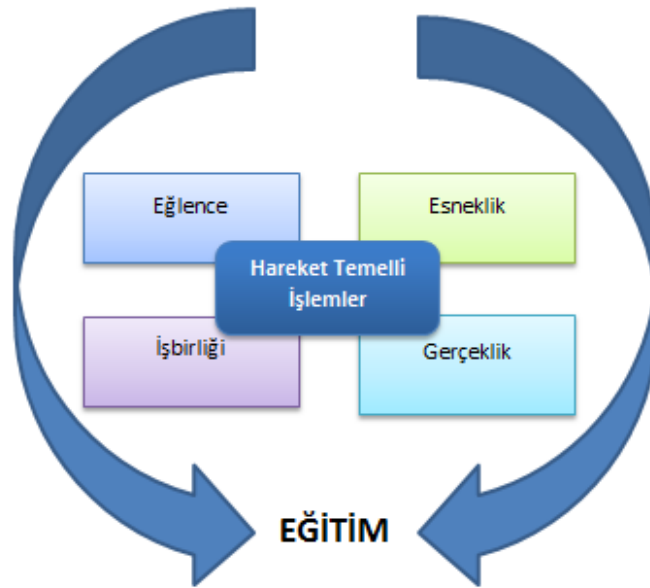
oyun teknolojisiyle birleştirilmiş çoklu dokunmatik bir öğrenme aracı geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu aracın sınıf ortamında kullanılmasının etkileşimi ve işbirliğini artırma gibi olumlu etkiler oluşturacağı vurgulanmıştır. Ayrıca yeni teknolojilerin eğitimde kullanım örneklerini inceleyen ve bu alanda geleceğe yönelik eğilimleri belirleyen "Horizon Report" adlı yıllık raporlarda da bu teknolojiye yönelik eğitsel uygulamalar sunulmuştur (Johnson, Adams ve Cummins, 2012; Johnson, Levine, Smith ve Stone, 2010; Johnson, Smith, Willis, Levine ve Haywood, 2011).

Hareket temelli işlemler teknolojisi sanat, müzik, oyun ve eğitim gibi birçok alanda etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu teknolojinin uygulamadaki mevcut sınırlılıkları dolayısıyla eğitimde kullanımına ilişkin çalışmaların henüz yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir. Ancak teknolojinin hızla geliştiği düşünüldüğünde bu sistemlerin eğitim ortamlarında yer edineceği ön görülmektedir (Johnson ve diğ., 2012). Bu çalışmanın amacı hareket temelli işlemler teknolojisinin eğitimde kullanılmasının muhtemel katkılarına ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda bu teknolojinin eğitim ortamlarına sunabileceği muhtemel katkılar farklı boyutlarda değerlendirilmiştir. Bu teknolojilerin eğitim alanındaki potansiyelinin ortaya çıkarılması gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalara yön verici nitelikte olabilir.

Hareket Temelli İşlemler Teknolojisinin Eğitimde Kullanımı

Hareket temelli işlemler teknolojisi eğitim alanında güçlü bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Bu teknolojiler öğrencilere bilgiyi yeni yollarla kazanma ve ifade edebilme imkanı sunabilir. Hareket temelli işlemler teknolojisiyle gerçekleştirilen uygulamalar gerçeklik duygusunu artırarak öğrencilerin eğlenerek öğrenmesini sağlamada ve motivasyonlarını artırmada etkili olabilir. Bu teknolojiyle gerçekleştirilecek uygulamaların grup çalışmasını destekleyerek öğrencileri işbirliğine teşvik edebilir. Ayrıca eğitim ortamlarına esnek bir yapı kazandırarak öğrencileri zaman ve mekan bakımından özgürleştirme noktasında da etkili olacağı düşünülmektedir. Birçok eğitim kurumu hareket temelli teknolojileri eğitim ortamlarına entegre etme çalışmalarına başlamıştır (Johnson ve diğ., 2012).

Eğitimdeki paradigma değişimiyle birlikte artık eğitim ortamlarında oluşturmaya yaklaşım benimsenmeye başlamıştır. Bu doğrultuda araştırmacılar oluşturmaya öğrenmeyi destekleyecek ortamların taşıması gereken özellikleri ve stratejileri belirlemişlerdir (Ertmer ve Newby, 1993; Fosnot, 1989; Jonassen, 1994). Bunun yanı sıra dijital yerliler olarak adlandırılan yeni nesil öğrencilerin öğrenme özellikleri göz önünde bulundurulduğunda eğitimdeki yeni teknolojilerin bu yönde tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Prensky, 2004). Hareket temelli işlemler teknolojisinin eğitime muhtemel katkılarının belirlenmesinde bu yaklaşımlar temel alınmıştır. Ayrıca bu teknolojiyle gerçekleştirilen uygulamalar incelenmiş (Johnson ve diğ., 2012; Johnson ve diğ., 2011; Johnson ve diğ., 2010) bunun sonucunda eğlence, esneklik, işbirliği ve gerçeklik boyutları ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 1:Hareket temelli işlemlerin eğitim ortamlarına muhtemel katkıları

Eğlence

Eğitim teknolojisi alanındaki gelişmelerle birlikte eğitim sürecinde öğrencilerin eğlenerek öğrenmesini sağlayacak uygulamalar yaygınlaşmaya başlamıştır. Hareket temelli işlemler teknolojiyle gerçekleştirilen uygulamalar kullanıcılara eğlenceli bir deneyim sunmaktadır (Bhuiyan ve Picking, 2009; Aimaiti ve Yan, 2011). Eğitim ortamlarında mevcut olarak kullanılan eğitsel oyunlar, simülasyonlar, sanal dünyalar, etkileşimli tahtalar, mobil cihazlar gibi uygulamaların bu teknolojiyle desteklenmesi öğrencilerin dikkatini çekerek öğrenme sürecini eğlenceli hale getirme noktasında etkili olabilir. Ayrıca bu teknolojiyle psikomotor becerilerin geliştirilmesine yönelik tasarlanacak uygulamalarda da eğlence boyutu ön plana çıkabilir. Hareket temelli sistemler gerçek hareketlerle sanal uygulamalar gerçekleştirdiği için öğrencilere farklı ve ilgilerini çekecek bir öğrenme deneyimi sunmaktadır (Johnson ve diğ., 2011).

Esneklik

Günümüz öğrencileri dijital yerliler olarak adlandırılmaktadır ve gelişen yeni teknolojiler eğitim-öğretim ortamıyla bütünleştirilirken dijital yerlilerin değişen öğrenme özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır (Premsky, 2004). Bilgiye hızlı bir şekilde erişim, keşfederek öğrenme, oyunla öğrenme, aynı anda birden çok iş yapmak dijital yerli öğrenenlerin özellikleri arasındadır. Bunun sağlanabilmesi noktasında öğrencilere esnek öğrenme ortamlarının sunulması önem kazanmaktadır. Hareket temelli işlemler teknolojiyle desteklenmiş uygulamalar öğrencilere tercih ettikleri eğitim aktivitesini istedikleri zaman yapma imkanı sunmaktadır. Bu sistemler öğrencilere seçim imkanı sunduğu için esnek bir öğrenme ortamı oluşturabilir (Aimaiti ve Yan, 2011). Bu şekilde dersle ilgili etkinlikler zaman ve mekana bağlı kalmadan tasarlanabilir. Bu sistemlerle öğrenme araç-gereçleri öğrencinin her zaman yanında bulunduğu için bilgiye erişimi ve etkileşimi de kolaylaştırmaktadır. Hareket temelli sistemlerdeki ara yüzler dersin amacına, öğrencilerin veya öğretmenlerin isteğine göre uyarlanabilir (Johnson ve diğ., 2010).

İşbirliği

Eğitim ortamlarının etkileşim ve işbirliğini artıracak şekilde tasarlanması oldukça önemlidir. Öğrencilerin birbirleriyle etkileşim içinde bulunduğu grup çalışmaları öğretimin etkililiğini artırmaktadır (Vygotsky, 1978). Teknolojik yeniliklerin birçoğunun kişilerin sosyal etkileşimini önlediği düşünülmeye rağmen hareket temelli işlemlerle öğrenciler arasındaki işbirliğini ve etkileşimi artıracak uygulamalar geliştirilebilir. Klavye ve farenin aksine hareket temelli sistemler teknolojisini içeren uygulamalar aynı anda birçok kişinin kullanımına imkan vermektedir. Çoklu dokunmatik ekranlarla birden fazla öğrenci aynı ekran üzerinde eş zamanlı çalışabilir. Bu şekilde eğitim ortamlarında grup çalışmaları ve eğitsel oyun etkinlikleri tasarlanabilir (Johnson ve diğ., 2011).

Gerçeklik

Hareket temelli sistemlerin gelişmesi kullanıcılara sanal aktivitelerini hareketleriyle kontrol edebilme imkanı sunmuştur. Bu sistemler bir programdaki işlemlere vücut hareketlerinin verdiği özel komutlarla hızlı bir şekilde erişmeyi sağlar. Bu özellikleriyle hareket temelli işlemler teknoloji gerçeklik hissi oluşturmada yeni bir yol açmıştır. Simülasyonlar, oyunlar, sanal dünya uygulamaları gerçeklik hissini artırmaya yönelik aktiviteler içerdiğinde kullanıcıların ilgisini daha fazla çekmektedir. Hareket temelli işlemler teknoloji bu gibi uygulamalarda gerçeklik hissini sağlanmasını kolaylaştırabilir (Bhuiyan ve Picking, 2009). Bu teknolojiyle gerçekleştirilen etkinliklerde öğrencilerin eğitim ortamlarında aktif rol üstlenmesi sağlanarak gerçeklik hissi oluşturulabilir (Johnson ve diğ., 2011).

SONUÇ

Bu çalışmada hareket temelli işlemler teknolojisinin eğitime muhtemel katkıları eğlence, esneklik, işbirliği ve gerçeklik boyutlarıyla ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucunda hareket temelli işlemler teknolojisinin eğitime katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Kolaylaştırıcı bir ara yüz sağlayabilir.
- Keşfetme ve oyun yoluyla öğrenmeyi sağlayabilir.
- Motivasyonu artırabilir.
- Esnek bir öğrenme ortamı sunabilir.
- İşbirliğini artırabilir.
- Grup çalışmalarına teşvik edebilir.
- Sınıf dışı öğrenmeyi kolaylaştırabilir.
- Araştırmaya teşvik edebilir.
- Eğlenerek öğrenmeyi sağlayabilir.
- Psikomotor becerileri geliştirebilir.
- Öğrenenlerin aktif olmasını sağlayabilir.
- Bilgiye erişimi kolaylaştırabilir.
- Dönüt düzeltmeyi kolaylaştırabilir.
- Özel eğitim amacıyla kullanılabilir.

Eğitim alanında hareket temelli işlemlerin potansiyelinin tam olarak fark edilmesi ve eğitime yönelik uygulamaların gerçekleştirilmesinin birkaç yıl süreceği ön görülmektedir (Johnson ve diğ., 2012). Bu uygulamaların yaygınlaşmasının hareket temelli sistemlere yönelik yazılımların fiyatlarının düşmesi ve eğitime yönelik özel uygulamaların tasarlanmasıyla gerçekleşeceği düşünülmektedir.

Not: Bu çalışma 26-28 Nisan 2012 tarihlerinde Antalya'da 46 Ülkenin katılımıyla düzenlenmiş olan "3rd International Conference on New Trends in Education and Their Implications"da sözlü bildiri olarak sunulmuş olup, "Journal of Research in Education and Teaching" Bilim Kurulu tarafından yayınlanmak üzere seçilmiştir.

KAYNAKÇA

Aimaiti, N., & Yan, X. (2011). *Gesture-based interaction and implication for the future*. Unpublished master thesis, Umeå University, Faculty of Science and Technology, Department of Computing Science, Sweden.

Benko, H., Wilson, A. D., & Baudisch, P. (2006). Precise selection techniques for multi-touch screens. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems* (pp. 1263–1272).

Bernardes Jr., J. L., Nakamura, R., & Tori, R. (2009). Design and implementation of a flexible hand gesture command interface for games based on computer vision. *2009 VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment* (pp. 64-73).

Bhuiyan, M. & Picking, R. (2009). Gesture-controlled user interfaces, what have we done and what's next?, *Proceedings of the Fifth Collaborative Research Symposium on Security, E-Learning, Internet and Networking (SEIN 2009)*, Darmstadt, Germany, 26-27 November 2009 (pp. 59-60).

Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1993). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 73-91.

- Fosnot T, C. (1989). *Enquiring teachers, enquiring learners: A constructivist approach for teaching*. New York: Teachers College Press.
- Garg, P., Aggarwal, N., & Sofat, S. (2009). Vision based hand gesture recognition. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49, 972-977.
- Hornof, A. J., Cavender, A., & Hoselton, R. (2004). EyeDraw: A system for drawing pictures with eye movements. *Proceedings of ASSETS 2004: The Sixth International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, New York: ACM, 86-93.
- Jia, P. and Huosheng H. Hu. (2007). Head gesture recognition for hands-free control o an intelligent wheelchair. *Industrial Robot: An International Journal, Emerald*, 60-68.
- Jonassen, D. H. (1994). Thinking technology: Toward a constructivist design model. *Educational Technology* 34(4), 34-37.
- Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). *The 2010 Horizon Report*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams, S., & Cummins, M. (2012). *The NMC Horizon Report:2012 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Jung, Y., & Cha, B. (2010). Gesture recognition based on motion inertial sensors for ubiquitous interactive game contents. *IETE Technical Review*, 27(2), 158-166.
- Kim, D., & Kim, D. (2006). An intelligent smart home control using body gestures. *In the Proceedings of International Conference on Hybrid Information Technology (ICHIT'06)*, IEEE, Korea.
- Kurtenbach, G., & Hulteen, E. (1990). Gestures in Human-Computer Communications. In B. Laurel (Ed.) *The Art of Human Computer Interface Design*. Addison-Wesley, 309-317.
- Minsky, M. R. (1984). Manipulating simulated objects with real-world gestures using a force and position sensitive screen. In *Proceedings of the 11th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 195-203).
- Mulder, A. (1996). Hand gestures for HCI. *Technical Report*, 96(1).
- Muto, W., Dobies, J., & Diefenbach, P. (2009). Applications of Multitouch & Gaming Technology for the Classroom. EUROGRAPHICS. Retrieved May 30, 2011 from <http://www.willmuto.com/download/papers/muto-eg09-final.pdf>
- Prensky, M. (2004). Use Their Tools! Speak Their Language! Retrieved May 30, 2011 from: http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-Use_Their_Tools_Speak_Their_Language.pdf
- Quek, F. K. H. (1994). Toward a vision-based hand gesture interface. In: *Proceedings of the conference on Virtual reality software and technology*. World Scientific Publishing Co., Inc.(pp. 17-31).
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interactions*, 3rd edition, Reading, 1998, MA: Addison-Wesley.

Sutherland, I. E. (1963). Sketchpad: A man-machine graphical communication system. In: *Proceedings of the AFIPS Spring Joint Computer Conference 23* (pp. 329–346).

Vygotsky, L. (1978). *Interaction between learning and development* (pp. 79-91). Cambridge, MA: Harvard University Press.