Anlaysis of algorithms to identify patterns in eye-tracking scanpaths

DOI:

[10.1109/SIU.2013.6531512](https://doi.org/10.1109/SIU.2013.6531512)

[Link to publication record in Manchester Research Explorer](#)

Citation for published version (APA):

Eraslan, S., Yeliz, Y., & Harper, S. (2013). Anlaysis of algorithms to identify patterns in eye-tracking scanpaths. In *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2013 21st* (pp. 1-4). (SIU 2013). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIU.2013.6531512>

Published in:

Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2013 21st

Citing this paper

Please note that where the full-text provided on Manchester Research Explorer is the Author Accepted Manuscript or Proof version this may differ from the final Published version. If citing, it is advised that you check and use the publisher's definitive version.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the Research Explorer are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

Takedown policy

If you believe that this document breaches copyright please refer to the University of Manchester's Takedown Procedures [<http://man.ac.uk/04Y6Bo>] or contact uml.scholarlycommunications@manchester.ac.uk providing relevant details, so we can investigate your claim.

Göz İzleme Teknolojisini Kullanarak Ortak Tarama Güzergâhı Belirleyen Algoritmaların Analizi Analysis of Algorithms to Identify Patterns in Eye-Tracking Scanpaths

Şükrü Eraslan^{1,2} ve Yeliz Yeşilada¹

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Kuzey Kıbrıs Kampusu

Kalkanlı, Kıbrıs

Email: seraslan,yyeliz@metu.edu.tr

Simon Harper²

²Bilgisayar Bilimi Bölümü

Manchester Üniversitesi

Manchester, İngiltere

Email: simon.harper@manchester.ac.uk

Özetçe —Bu çalışmanın amacı insanların web sayfalarını okurken izlemiş olduğu ortak tarama güzergâhını belirleyecek bir algoritma geliştirmektir. Bunun için ilk hedefimiz algoritmanın nasıl geliştirilebileceği ile ilgili bir takım temel kuralları belirlemektir. Bu kurallar belirlenirken şu ana kadar kullanılmış temel algoritmalar test edilmiş ve bu algoritmaların sınırlamaları göz önünde bulundurulmuştur. Ortak tarama güzergâhının belirlenmesinin esas amacı; bu güzergâhı web sayfalarını dönüştürmek için kullanmaktır. Bunun sonucunda, insanlar bu web sayfalarına kısıtlı ortamlardan ulaşmaya çalıştıkları zaman, örneğin küçük el iletişim araçları ve ekran okuyucuları yardımı ile, onlara web sayfalarının gereksiz olan bölümleri gösterilmeyerek hem zaman hem de maddi tasarruf sağlanmış olunacaktır.

Anahtar Kelimeler—göz izleme, tarama güzergâhı, ortaklık

Abstract—The main goal of this study is to develop an algorithm to identify a common scanpath in a given eye-tracking data. This paper provides a set of guidelines on how to develop such an algorithm. To develop these guidelines, we have conducted experiments with existing algorithms and investigated their strengths and weaknesses. The main purpose of creating a common scanpath is to guide the transcoding of web pages. Transcoded web pages would remove unnecessary information such that when they are accessed in constrained environments, for instance from mobile devices and screen readers, they save time and energy to users.

Keywords—eye-tracking, scanpath, commonality

I. GİRİŞ

World Wide Web (web) günümüzde artık sadece bilgisayar üzerinden değil her yerden erişilebilir hale gelmiştir. Küçük iletişim araçları ile web'e erişen mobil kullanıcıların sayısı gün geçtikçe artarken, görme özürlü kullanıcılar da ekran okuyucuları sayesinde sesli şekilde web sayfalarına erişebilmektedir. Mobil bir cihazdan sayfaya erişmeye çalışan bir kullanıcının uzun ve karmaşık bir sayfayı indirmesi oldukça maliyetli olabilir. Sayfanın hangi bölümlerinin önceden kullanılacağını bilirse kullanıcıya sadece ihtiyaç duyduğu sayfa elemanlarını

sunup zamandan ve maddiyattan tasarruf sağlamış oluruz. Benzer şekilde ekran okuyucular sayfanın kodunu kullandığından dolayı, görme özürlü kullanıcılar esas içeriğe ulaşabilmek için gereksiz kargaşayı da dinlemek zorunda kalır. Aynı şekilde yapılması gereken işi tamamlamak için, aslında sayfanın hangi kısımlarının kullanılması gerektiğini bilirse, ekran okuyucular tarafından çok daha kolay okunabilecek şekilde sayfaları dönüştürebiliriz.

Araştırma konumuz kısaca göz izleme teknolojisine bağlı olarak web sayfalarını mobil ve görme özürlü kullanıcıların web deneyimlerini iyileştirebilmek için farklı bir şekle dönüştürmektir. göz izleme teknolojisi insanların sayfaya bakarken hangi görsel unsuru okuduklarını tespit etmek için göz hareketlerini takip eden bir bilim dalıdır. Bu araştırma projesindeki hedefimiz, "Tarama Güzergâhı" (scanpath) adı verilen insanların sayfaları okurken takip ettiği sayfa elemanlarını tespit edip, bu bilgileri kullanarak web sayfalarını dönüştürmektir. Bu çalışmada ise şu ana kadar kullanılmış temel algoritmalar test edilmiş ve bu algoritmaların sınırlamaları göz önünde bulundurulurarak insanların ortak tarama güzergâhının belirlenmesini sağlayacak olan algoritmanın nasıl geliştirilmesi gerektiğine dair bir takım kurallar tespit edilmiştir.

II. LİTERATÜR ÖZETİ

Web sayfalarını okunurken göz genellikle "sıçrama" (saccade) adı verilen hızlı ve sürekli hareketler yapar. Bu hareketlerin arasında gözün nispeten hareketsiz kaldığı "görme odağı" (fixation) denilen sabitlemeler oluşur. Görme odakları kullanıcının dikkatini nereye verdiğini anlamak konusunda yardımcı olmaktadır.

Tarama güzergâhı üzerindeki çalışmalar genellikle "string-edit" algoritması üzerinde yoğunlaşır [8]. Bu algoritma bir çok çalışmada web sayfaları üzerinde olan tarama güzergâhlarını incelemek için kullanılmıştır [7], [11]. Bu algoritma bir alfabetik diziyi diğer bir alfabetik diziyeye çevirmek için gerekli olan en az sayıda ekleme, çıkarma ve değiştirme işlemlerini kullanarak iki dizgi arasındaki farklılığı hesaplamaktadır. Örneğin, string-edit algoritması "ABCD" ile "ABCE" için sadece alfabetik

dizinlerdeki son harfi değiştirerek dizinlerin birbirleri ile aynı olması sağladığından dolayı aralarındaki farklılığı 1 olarak hesaplar. Fakat bu örnekten de anlaşılabilceği gibi bu algoritma yalnızca iki dizin arasındaki mesafeyi hesaplamak için kullanılır. Bu algoritma kullanılarak ikiden fazla olan dizinler birbirleri arasındaki farklılıklar dikkate alınarak gruplandırılabilir [7], [11].

Göz izleme teknolojisinde kullanılması için tarama güzergâhlarının alfabetik dizin olarak oluşturulması gerekmektedir. Bunun için de web sayfası üzerinde çeşitli ilgi alanlarının belirlenmesi gerekir. Bu ilgi alanları araştırmanın amacı doğrultusunda anlamsal veya biçimsel olarak belirlenebilir. Anlamsal ilgi alanlarına sayfa başlığı, menu, sayfa içeriği ve altbilgi örnek olarak verilebilir. Bir kişinin tarama güzergâhını alfabetik dizin haline çevirmek için görme odaklarının hangi ilgi alanında yer aldığını bulmak gerekir. Örneğin, kişinin görme odakları sırasıyla ilgi alanları A, B ve C'nin içerisinde ise bu kişinin tarama güzergâhı ABC olarak belirlenir.

İlgi alanları arasındaki değiştirmelerin değeri her zaman aynı olmayabilir, örneğin bir kişinin tarama güzergâhı üzerindeki başlığı temsil eden harfi, alt bilgiyi temsil eden harf ile değiştirmesi; başlığı temsil eden harfi, üst menüyü temsil eden harf ile değiştirilmesi aynı değerde olmayabilir. Bunun için çeşitli yöntemler kullanılarak, örneğin iki ilgi alanı arasındaki geometrik uzaklık, değiştirme matrisleri oluşturulur [13]. Bununla birlikte, ekleme ve çıkarma işlemlerine de belirli bir değer verilebilir [2]. Bunlar iki tarama güzergâhı arasındaki mesafenin daha doğru şekilde hesaplanmasına yardımcı olmalarına rağmen ortak bir tarama güzergâhı oluşturmak için yeterli bir avantaj sağlamamaktadır [13]. String-edit algoritması ile benzer özellikteki Needleman ve Wunsch'un geliştirmiş DNA dizinleri arasındaki mesafeyi hesaplamak yerine, benzerliği hesaplamak için kullanılan bu algoritma da tarama güzergâhlarını inceleme konusunda kullanılmıştır [10], [3].

Transition matris yönetimi de tarama güzergâhlarını incelemek için kullanılan bir başka yöntemdir [14]. Bu yöntem ile çalışmaya dahil olan kişilerin belirli bir ilgi alanından sonra veya önce hangi ilgi alanına bakabileceğinin olasılığı belirlenebilir. Örneğin, "transition matris kullanılarak kişiler başlıktan sonra %75 olasılıkla üst menüye bakmıştır" denilebilir. Bu yöntem de tarama güzergâhı oluşturmak için yeterli bir yöntem değildir. "eyePatterns" isminde geliştirilmiş olan bir uygulama da transition matris yöntemini içerisinde bulundurmaktadır. Buna ek olarak, dizin hizalama yöntemi kullanarak iki tane tarama güzergâhı arasındaki ortak güzergâh belirlenebilir. Bu yöntemin ikiden fazla tarama güzergâhı için ortak tarama güzergâhı çıkarmak amacıyla kullanılması önerilmiştir fakat bu konuda detaylı bilgi verilmemiştir [5].

"eyePatterns" isimli uygulama tarama güzergâhları arasında ortak olan tarama güzergâhlarını da bulabilmektedir. Fakat şöyle bir sınırlaması vardır: ABCXDEF ve ABCYDEF için ortak olarak ABCDEF'yi çıkarmamaktadır. Fakat, ortak güzergâh olarak ABCDEF bulunmak isteniliyorsa aradaki belli miktardaki farklı ilgi alanları yok sayılarak (en fazla 5 ilgi alanı) kaç tane tarama güzergâhının içerisinde olduğu bulunabilir. Fakat, bulunan tarama güzergâhı sadece aranan tarama güzergâhıdır. Bu güzergâhın tüm kişiler için ortak bir tarama güzergâhının olduğunu söylemek mümkün değildir.

Yakın geçmişte geliştirilmiş bir yöntem ile ortak

tarama güzergâhı bulmak için "Dotplots" algoritmasını kullanılmıştır [4]. Bu yöntemi kullanarak tarama güzergâhları arasındaki benzerlik hesaplanıyor ardından en benzer iki güzergâhın ortak güzergâhı bulunuyor ve oluşturulan bu ortak güzergâh ile diğer güzergâhlar arasında aynı işlem tekrarlanıyor. Sonuçta hiyerarşik bir yapı oluşturuluyor. En tepedeki tarama güzergâhı da tüm kişilere ait tarama güzergâhını vermiş oluyor.

Bir diğer ortak tarama güzergâhını belirlemek için kullanılan yöntem ise "T-Pattern" dir [9]. Bu yöntem ile tarama güzergâhları arasında tekrarlayan ortak tarama güzergâhları (T-Patternler) belirlenebiliyor. Kullanılan parametrelerle T-Patternlerin özellikleri belirlenebiliyor. Örneğin, AB T-Patternini belirlemek için arada hiçbir harf olmaması belirtilebilir. Bu durumda ACB olduğu zaman AB bir T-Pattern olamaz. Küçük T-Patternler birleşerek (T-Patternler arasındaki en fazla uzaklık da belirlenebilir) daha büyük T-Patternler oluşturulabilir.

III. TESTLER

A. Göz İzleme Verileri

Başka bir çalışmada kullanılmak üzere yapılan bir göz izleme çalışmasının verileri tarama güzergâhlarını incelemek için kullanılmış olan algoritmaları test etmek için kullanılmıştır [1]. Bu çalışma için "HCW Travel" isminde bir web sitesi yapılmış ve kullanıcılara bu web sitesinde yapmaları için çeşitli görevler verilmiştir. Testler için sadece ana sayfa kullanılmıştır. Ana sayfa için kullanıcıların yapması gereken görev ise web sayfasındaki "Latest News" bölümünü okumaları ve "Special Offers" linkine tıklamalarıdır.

B. Verilerin Hazırlanması

12 kullanıcının kullanıldığı bu göz izleme çalışmasında 2 kişinin verilerinin kullanılmamasına karar verilmiştir. Çünkü bu iki kişiden biri düzgün olarak ekrana bakmamış diğeri ise kendisine verilmiş olan görevi doğru olarak tamamlayamamıştır. Genelde görme odakları 100 mili saniyenin üstünde olduğundan dolayı bu sürenin altında olan görme odakları bu çalışma için verilerin arasından çıkarılmıştır [6]. Ardından, Şekil 1'deki ilgi alanları kullanılarak 10 kişi için Bölüm 2'de belirtildiği gibi aşağıdaki tarama güzergâhları oluşturulmuştur.

```
ABCBDACACBEBDEBE  
CAEBEBDEBEDEDECEDECEACDC  
CABFACDCDEDAEDFDADFAEDEDEDEDEDEACDCDEDC  
CACDCDCACFDEBECACDEBDEBEBEBEBECEDECECD  
DACADEDEDEDEDEDC  
DCDCABEDCD  
BDCEBCDCDCDEDEDCD  
CACDECECD  
BCECDCDCDEDEDCD  
CACDADCBECDCB
```

C. Kullanılan Yöntemler

1) *Transition Matris*: Yukarda belirtilen tarama güzergâhına transition matris yöntemi uygulandığı zaman Tablo I gibi bir matrix oluşturuluyor. Bu matrise göre A'dan sonra %55.01 olasılıkla C gelmesi beklenir. C'den sonra %48.94 olasılıkla D gelmesi beklenir. D'den sonra ise %40.39 olasılıkla C gelmesi beklenir. Bu şekilde oluşturulmaya çalışılacak olan

Şekil 1: İlgili Alanları

	A	B	C	D	E	F
A	0 0.0% 0.0%	3 15.0% 15.0%	11 55.01% 23.92%	3 15.0% 5.56%	3 15.0% 6.53%	0 0.0% 0.0%
B	0 0.0% 0.0%	0 0.0% 0.0%	3 14.29% 6.53%	5 23.81% 9.26%	12 57.15% 26.09%	1 4.77% 25.0%
C	12 25.54% 63.16%	4 8.52% 20.0%	0 0.00% 0.00%	23 48.94% 42.6%	7 14.9% 15.22%	1 2.13% 25.0%
D	5 9.62% 26.32%	0 0.0% 0.0%	21 40.39% 45.66%	0 0.0% 0.0%	24 46.16% 42.18%	2 3.85% 50.0%
E	0 0.0% 0.0%	13 28.89% 65.0%	11 24.45% 23.92%	21 46.67% 38.89%	0 0.0% 0.0%	0 0.0% 0.0%
F	2 50.0% 10.53%	0 0.0% 0.0%	0 0.0% 0.0%	2 50.0% 3.71%	0 0.0% 0.0%	0 0.0% 0.0%

Tablo I: Transition Matrix

ortak güzergâhta ACDCDCD... diye giden bir dizin oluşur. Bu dizinin A ile başlayacağını garantisi verilmemekle birlikte ne zaman durulması gerektiğine dair de bir kesin bir sonuca ulaşılamamaktadır.

2) *String edit*: Daha önceden bahsedildiği gibi bu yöntemle aynı anda iki tane alfabetik dizin arasında mesafe hesaplanabilir. Birinci ve beşinci tarama güzergâhı arasındaki farklılık Şekil 2 şeklinde hesaplanır. Bu hesaplamada ekleme, çıkarma ve değiştirme işlemlerinin değeri 1 olarak belirlenmiştir ve çıkan sonuç 12'dir.

ABCBCACACBEBDEBE
DACADEDDEDEDED

Şekil 2: String-Edit

3) *eye-Patterns*: "eyePatterns" isimli uygulamanın ortak tarama güzergâhı bulma özelliği ile tüm tarama güzergâhları içerisinde uzunluğu 5 olan ve en az 3 tane tarama güzergâhının içerdiği tarama güzergâhları Şekil 3'de görülmektedir.

4) *Dotplots Algoritması*: Şekil 4'te Dotplots algoritmasının nasıl çalıştığı görünüyor. Burada BDCEBCDCDCDEDED CD ile BCECDCDCDEDEDCDC arasındaki en uzun ortak güzergâh bulunmaya çalışılıyor. Bulunan güzergâh siyah çizgiyle göster-

Pattern	Seen	Sequences:
DEDED	8	3/10 30.0%
DCDED	4	3/10 30.0%
CDCDE	4	3/10 30.0%
CDCDC	3	3/10 30.0%
EBDEB	3	3/10 30.0%

Şekil 3: Ortak Tarama Güzergahları

ilen güzergahtır, yani güzergah BCCDCDEDED oluyor. Fakat, kırmızı çizgide görüldüğü gibi belli bir sebepten dolayı arada kopukluk olan güzergâhları birleştiremiyor. Bu da bu algoritmanın oldukça indirgemeci ve yüzeysel bir yaklaşım olduğunu gösteriyor. Sadece Dotplots algoritması uygulanıp ortak tarama güzergâhı bulunmaya çalışıldığı zaman ortak tarama güzergâhı "D" olarak belirleniyor. Fakat, Dotplots Algoritmasını temel alan bazı algoritmalar istatistiksel modeller kullanılarak bu algoritmanın indirgemeci ve yüzeysel yaklaşımını ortadan kaldırmaya çalışıyor [4].

Şekil 4: Dotplot Ortak Güzergah

IV. TARTIŞMA

Yapılan testler sonucunda aşağıda listelenmiş olan özellikler gözlemlenmiştir:

- 1) String-edit algoritması ve çeşitleri (örneğin, değiştirme matris kullanımı) iki tarama güzergâhı arasındaki farklılığı hesaplayabilmesine rağmen ortak bir güzergâh çıkarma açısından uygun bir yöntem değildir.
- 2) Transition Matris yöntemi ile ilgi alanlar arasındaki geçişleri olasılıklara görmek mümkün olduğu halde, bu yöntem ortak bir güzergâh çıkarma açısından çok uygun bir yöntem değildir. Örneğin, yukarıda belirtildiği gibi bir ortak güzergâh çıkarılmaya çalışıldığı zaman hangi ilgi alanının başlangıç noktası olması gerektiği bilinmiyor. Ayrıca en yüksek olan olasılıklarla ortak güzergâh çıkarılmaya çalışılırsa, diğer olasılıklar yok sayılıyor. Bununla birlikte, başlangıç noktası bilinmediği gibi bitiş noktası da belirlenememektedir.
- 3) "eyePatterns" uygulamasının ortak tarama güzergâhlarını bulurken aralara giren ilgi alanlarına tolerans göstermiyor.

Örneğin, DCDED ortak güzergâhının sadece 3 tane (3., 7. ve 9.) güzergâhta olduğu gözlemleniyor. Aslında, 6. tarama güzergâhı ele alındığı zaman (DCD)CAB(ED)CD bu güzergâhın içerisinde de aslında DCDED'in bulunduğu görünüyor ama arada CAB olduğundan dolayı bu DCDED'i bulamıyor. Bu da ortak tarama güzergâhı bulmak açısından oldukça indirgemeci ve yüzeysel bir yaklaşım oluyor.

- 4) Dotplots algoritmasının da oldukça indirgemeci ve yüzeysel bir yaklaşımı olduğu gözlemleniyor. Dotplots algoritmasını kullanan algoritma [4] kullanmış olduğu istatistiksel modeller sayesinde "eyePatterns" uygulamasının ortak tarama güzergâhı bulma özelliğine göre daha toleranslı olması sağlanıyor. Bu da ortak tarama güzergâhlarını bulurken istatistiksel modellerin kullanılabilmesini gösteriyor.

Dotplots algoritmasını kullanan algoritmanın kullanmış olduğu hiyerarşik yapı geliştirilecek olan algoritma için kullanılabilir bir özelliktir. Fakat, Dotplots algoritmasının indirgemeci ve yüzeysel yaklaşımı için farklı yöntemler düşünülebilir. Örneğin Şekil 4'deki kırmızı ile gösterilmiş olan güzergâhı bulabilecek bir yöntem ile tarama güzergâhları arasındaki benzerliği hesaplamak için de "string-edit" kullanılabilmesi gibi.

Bununla birlikte bu algoritmaların hiç biri bilişsel süreci dikkate almamaktadır. Örneğin, bu algoritmaların hiçbirisi görme odaklarının süresini dikkate almamaktadır. Oysa ki bu süre çeşitli açılardan yorumlanabilmektedir. Bu sürenin uzun olması genellikle bir zorluğu belirtmekle birlikte belli bir alanın içerisinde fazla görme odağı varsa o bölgenin diğerlerine göre daha önemli bir bölge olduğu düşünülebilir [6], [12]. Geliştirilecek olan algoritma, ortak tarama güzergâhını belirlerken bu özellikler dikkate alınmalıdır.

Ortak tarama güzergâhının belirlenmesinin sağlayacağı fayda ise web sayfalarının dönüştürülmesindeki önemidir. Geliştirilecek olan bu algoritma sayesinde sayfadaki kullanılmayan bölümler de belirlenmiş olup kısıtlı ortamlarda web sayfalarına erişen kullanıcılara bu bölümler gösterilmeyerek hem zaman hem de maddi tasarruf sağlanmış olunur.

V. ÖZET

Bu çalışmanın amacı insanların web sayfalarını okurken izlemiş olduğu ortak tarama güzergâhını belirleyebilecek algoritmanın nasıl geliştirilmesi ile ilgili bir takım kurallar belirlemektir. Bu kuralların belirlenmesi için tarama güzergâhlarını inceleyen algoritmalar test edilmiş ve bu algoritmaların sınırlamaları göz önünde bulundurularak bir takım kurallar tespit edilmiştir. Bu çalışmada bu kurallar bilginize sunulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu proje eMine projesi çerçevesinde gerçekleştirilmiştir (<http://emine.ncc.metu.edu.tr/>). eMine projesi (109E251) TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK'a desteğinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Andy Brown, Caroline Jay, and Simon Harper. Tailored presentation of dynamic web content for audio browsers. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(3):179 – 196, 2012.
- [2] Filipe Cristino, Sebastiaan Mathot, Jan Theeuwes, and Iain D. Gilchrist. Scanmatch: a novel method for comparing fixation sequences. *Behav Res Methods*, 42(3):692–700, 2010.
- [3] Rong-Fuh Day. Examining the validity of the needleman and wunsch algorithm in identifying decision strategy with eye-movement data. *Decision Support Systems*, 49(4):396 – 403, 2010.
- [4] Joseph H. Goldberg and Jonathan I. Helfman. Scanpath clustering and aggregation. In *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research and Applications*, ETRA '10, pages 227–234, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [5] Helene Hembrooke, Matt Feusner, and Geri Gay. Averaging scan patterns and what they can tell us. In *Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applications*, ETRA '06, pages 41–41, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [6] R. J. K. Jacob and K. S. Karn. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises. *The Mind's eye: Cognitive The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, 2003:573–603, 2003.
- [7] Sheree Josephson and Michael E. Holmes. Visual attention to repeated internet images: testing the scanpath theory on the world wide web. In *Proceedings of the 2002 symposium on Eye tracking research and applications*, ETRA '02, pages 43–49, New York, NY, USA, 2002. ACM.
- [8] Vladimir I. Levenshtein. Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet Physics Doklady*, 10(8):707–710, 1966.
- [9] M. Mast and M. Burmeister. Exposing repetitive scanning in eye movement sequences with t-pattern detection. In *Proceedings IADIS International conference interfaces and human computer interaction (IHCI)*, pages 137–145, Rome, Italy, 2011.
- [10] Saul B. Needleman and Christian D. Wunsch. A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins. *Journal of Molecular Biology*, 48(3):443–453, March 1970.
- [11] Bing Pan, Helene A. Hembrooke, Geri K. Gay, Laura A. Granka, Matthew K. Feusner, and Jill K. Newman. The determinants of web page viewing behavior: an eye-tracking study. In *Proceedings of the 2004 symposium on Eye tracking research & applications*, ETRA '04, pages 147–154, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [12] Alex Poole and Linden J. Ball. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future. In *Prospects, Chapter in C. Ghaoui (Ed.): Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Pennsylvania: Idea Group, Inc*, 2005.
- [13] H. Takeuchi and Y. Habuchi. A quantitative method for analyzing scan path data obtained by eye tracker. In *Computational Intelligence and Data Mining, 2007. CIDM 2007. IEEE Symposium on*, pages 283 –286, 1 2007-april 5 2007.
- [14] Julia M. West, Anne R. Haake, Evelyn P. Rozanski, and Keith S. Karn. eyepatterns: software for identifying patterns and similarities across fixation sequences. In *Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applications*, ETRA '06, pages 149–154, New York, NY, USA, 2006. ACM.