

A história da Web através da problemática da relação usuário-informação

João Pedro Balieiro da Costa

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Resumo

O notável anseio por semântica que se configura dentro da comunidade que pensa, pesquisa e desenvolve a Web não pode ser visto como obra do acaso. Ele é fruto de um complexo desenrolar de acontecimentos que se deram ao longo da história, processo não concluído motivado por interesses em permitir experiências Web mais efetivas do ponto de vista da informação e idiossincráticas, cujas limitações geralmente se baseiam em restrições cognitivas humanas ou na inaptidão por parte dos sistemas computacionais envolvidos. Este artigo deve tratar de forma relativamente cronológica destes acontecimentos através da identificação dos problemas envolvidos, da exemplificação de casos e do debate acerca dos esforços realizados a fim de saná-los, conduzidos geralmente a partir de uma perspectiva interdisciplinar. Com isso, deve-se compor um panorama histórico da Web que permitirá indicar nortes de pesquisa com potencial para contribuir nesse processo, através da evidenciação de tendências e de conclusões percebidas.

Palavras-chave

Usabilidade, informação, Web.

1 – Introdução

1.1 – Histórico

A palavra de ordem dentro da comunidade que hoje pensa, pesquisa e desenvolve a Web é “semântica”. Isso é facilmente percebido: antes mesmo da chegada efetiva da chamada “Web Semântica” (<http://www.w3.org/2001/sw/>), a expressão que a ela dá nome faz grande alarde, de forma parecida com o que aconteceu na chegada da chamada “Web 2.0”.

Na prática, a Web Semântica seria uma camada de dados – ou melhor, metadados – associada ao conteúdo da Web. Isso permitiria o entendimento desse conteúdo por parte das máquinas. Dessa forma, elas poderiam atuar e ajudar nesse processo de comunicação mediada (Berners-Lee, 1998). Trata-se da proposta de um meio comunicativo poderosíssimo, alegadamente capaz de propiciar a situação quase científico-ficcional de um mundo totalmente interoperável, em que agentes Web seriam capazes de controlar qualquer peça de hardware de uma casa, de televisores a banheiras de hidromassagem.

Adotando um viés realista, existem trabalhos envolvendo a questão da semântica sendo desenvolvidos visando, por exemplo, a realização de “serviços de resposta” (Norman, 2007), que seriam evoluções dos mecanismos de busca. Estes trabalhos compartilham com o primeiro viés a vontade de relacionar univocamente informação e coisas no mundo, o que pelo menos indica que lidar com a informação na Web (ainda) é algo problemático. Eis uma preocupação que em hipótese alguma pode ser considerada exagerada.

Devido a sua abrangência e penetração, a Web se configura como a maior estrutura de dados que existe, o que faz dela algo com que a mente humana, isolada, seja incapaz de lidar, o que é um problema que pode se agigantar ao se considerar a atenção humana como a mais valiosa commodity da nossa sociedade de informação (Brusilovsky et al., 2004). Tim Berners-Lee, o criador da Web, em um artigo publicado quando ela não era mais do que uma proposta de ambiente multiusuário para facilitar o trabalho de um grupo de profissionais específico acerca de documentos (Berners-Lee, 1989) já demonstrava preocupação com o problema:

“Há muito de pesquisa acadêmica no lado da interface humana no ato do browsing em um espaço complexo de informação. Questões associadas são fazer a navegação fácil e evitar a sensação de estar ‘perdido no hiperespaço’.” (Berners-Lee, 1989).

Hoje, depois de quase vinte anos de seu primeiro passo, a Web encontra-se numa situação perceptivelmente muito mais complexa com relação à informação, sendo também o ambiente que melhor representa a idéia de “multiusuário”. Ela é utilizada por milhares de pessoas ao redor do mundo, ou seja, ela é experienciada por diferentes culturas e visões, o que indica que as expectativas a ela endereçadas devam ser as mais diversas possíveis. Não é porque um estudante brasileiro e um aposentado australiano buscam na Web através das mesmas palavras-chave que eles estejam atrás da mesma informação.

É nessa situação de elevada e iterativa complexidade, que se põe como grande entrave a uma experiência Web realmente efetiva e idiossincrática, que se insere a vontade ou mesmo necessidade de semântica. Isso mostra que, ao invés de ser fruto de um insight genial, esse anseio deve ser visto como consequência de uma complexa série de acontecimentos em torno da problemática posta – supostamente constante na história da Web, apesar da heterogeneidade de figuras assumidas – associada à relação entre usuário/agente e informação, que se sucederam durante o desenvolvimento histórico do ambiente.

1.2 – Propósito e abordagem

O que sugiro, e pretendo sustentar baseando-me em exemplos e argumentos da literatura científica sobre o assunto, é ser possível traçar um panorama histórico da Web utilizando como fio condutor o desenrolar dessa complexa série de acontecimentos, evitando pormenores técnicos que exijam estudos dedicados e alongariam muito este artigo. Com isso tudo, espero evidenciar que os problemas encontrados, as preocupações acerca deles e os esforços para tentar resolvê-los são os causadores do atual estágio da Web, responsáveis por conduzir a transformação, que não está terminada, de um repositório de hipertextos num sistema semioticamente dinâmico (Steels, 2006) e tecnologicamente convergente ou em algo mais. A partir disso, será possível perceber tendências e conclusões desse

processo e também indicar possíveis nortes de pesquisa nessa área.

Deve-se deixar claro que, apesar de ter sido citado, o período anterior ao estabelecimento da Web como um sistema sógnico de penetração mundial não será abordado neste artigo. Aliás, tomarei como ponto de partida deste estudo o ano de 1994, quando Jakob Nielsen, um dos nomes mais importantes em IHC no mundo, lança alguns artigos sobre usabilidade na Web em seus primórdios (Nielsen, 2004). A decisão, um tanto arbitrária, é baseada na dificuldade de se encontrar análises sérias dedicadas ao meio que sejam anteriores a isso. Entretanto, isso não deve atrapalhar o estudo, já que o movimento de popularização da Web mal havia começado nessa época, tendo seu marco inicial geralmente atribuído ao lançamento do *Mosaic*, o primeiro browser com interface gráfica, em 1993.

A problemática em questão é, sobretudo, cara aos pesquisadores da área de IHC. No entanto, por trazer a mente humana como um elemento propiciador de problema, considero de suma importância unir as ferramentas providas pela ciência cognitiva às providas pela IHC num ferramental que será utilizado indiscriminadamente nesse estudo. As análises deverão ser colocadas a partir de duas perspectivas: “*pull*” (o usuário buscando deliberadamente uma informação específica) e “*push*” (o usuário como receptor de informações) (Brusilovsky et al., 2007).

Por fim, devo utilizar a tão controversa, porém bastante didática divisão da história da Web em versões. Evitarei os problemas concernentes a essa prática ocupando-me não de especificidades ou de divisores de águas nesse processo, mas de formas mais ou menos padronizadas de encarar a problemática que podem ser percebidas durante ele.

2 – O problema e “as Webs”

2.1 – Web 1.0

Talvez mais irreal do que dividir a Web em versões seja assumir que houve uma Web 1.0. Se nesse primeiro momento, a rigor, nem era possível se colocar a Web como um meio

autêntico, com linguagem e dinâmica próprias, quem diria pensar em fases?

A Web de então fazia uso de um modelo de publicação *à la* mídia impressa tradicional, ou seja, o grau de personalização do conteúdo era praticamente zero. No entanto, alguns logo perceberam que essa abordagem “*one-size-fits-all*” da perspectiva *push* não precisava ser vista como elemento constitutivo da Web. Mais que isso, passaram a ver que desenvolver a Web priorizando o usuário poderia – e ainda pode – ser uma boa prática e que havia estrutura para promover diversos graus de personalização da experiência Web. Dessa forma, “adaptatividade” tornou-se a palavra de ordem nesse momento.

Adaptatividade pode ser entendida como a mudança automática do sistema, no caso um site da Web, visando personalização do conteúdo ou da interface com o usuário. Um conceito análogo é o de “adaptabilidade”, que diz da mudança com o mesmo fim, mas propiciada pela ação direta do usuário (Brusilovsky, 2002; Fischer, 2002). A adaptabilidade não oferece desafios à IHC tão grandes quanto à adaptatividade, e é mais intrusiva. A fim de se conceber adaptatividade em web sites, passou-se a utilizar métodos quase sempre baseados em modelagem de usuário (Fischer, 2002).

Um modelo de usuário é um conjunto de informações que define um usuário dentro de um ambiente computacional. Essas informações são relacionadas a coisas no mundo que são consideradas importantes para a personalização do sistema. Por exemplo, um site sobre livros que se dispõe a fazer recomendações a seus usuários deve considerar a idade deles na modelagem, já que ela é critério usual de segmentação de um acervo, além das preferências por gêneros literários. Existem dois tipos de modelagem: a explícita (o usuário é requisitado a prover informações de forma ativa, através de questionários, por exemplo) e a implícita (o sistema depreende as informações do processo de interação com o usuário).

O “Music Machines” (<http://machines.hyperreal.org>) é um site que foi utilizado num experimento durante um estudo pioneiro sobre sites adaptativos (Etzioni et al., 2000). Neste, a idéia era permitir que páginas de índice intermediárias, contendo links para os

conteúdos mais acessados, fossem criadas automaticamente através de modelagem implícita, com base nas informações do *log* de acesso do usuário. Quando isso acontecia, as páginas eram apresentadas ao desenvolvedor, a quem caberia formatá-las e colocá-las em lugar apropriado.

A modelagem de usuário é uma prática que surge antes da Web, vê nela um campo de desenvolvimento, mas não resolve todos os seus problemas. O exemplo supracitado é obviamente muito simples perto dos que podem ser encontrados hoje, quase uma década depois. No entanto, ainda não se pode dizer que existe real adaptatividade na Web. Modelos de usuário constituem estruturas rígidas demais (Höök, 2000). Não é porque uma pessoa procurou informações sobre um determinado músico num site de vendas para dar um álbum seu de presente que ela vai querer saber dele na próxima visita. O sistema pode até fornecer um meio para que o usuário retire a importância de tal artista, mas isso incorre num sistema adaptável. Sistemas adaptáveis operam sobre algum tipo de previsibilidade que o projetista codifica nele, ou seja, é algo engessado, para não dizer burro. Seria inteligente se o sistema, carente de raciocínio abduativo (Clark, 2002) como a maioria dos sistemas computacionais atuais, pudesse entender que é fundamentalmente diferente o interesse por trás de um item que servirá de presente daquele por trás de um item que servirá para uso próprio do usuário.

É possível tentar ampliar o campo de raciocínio dos sistemas por trás de sites adaptativos trabalhando questões caras à computação afetiva. Em um estudo, Duric (Duric et al., 2002) propõe que dispositivos como câmeras e microfones, de utilização cada vez mais comum na Web, sejam utilizados para esse fim, encarregados de colher sinais sensoriais e motores de expressões faciais do usuário que possam dar dicas de seus estados internos. Fora isso, pode-se pensar em interoperabilidade de modelos de usuário, o que seria um princípio de solução para problemas relacionados a enquadramento (Clark, 2002). Entretanto, a interoperabilidade, que se coloca como entrave à instalação da Web Semântica, não faz papel diferente neste caso.

Se nessa fase o modelo de publicação é semelhante ao da mídia impressa tradicional, a forma de organização da informação a ser alcançada através da perspectiva *pull* também se dá como se sites e livros fossem a mesma coisa. Livros são elementos especialmente bem definidos e por isso só podem ser colocados em uma prateleira. Foi baseando-se nisso que se deu uma das primeiras tentativas de organizar o conteúdo da Web, a criação do diretório da Yahoo!. Essa forma de se organizar conteúdo através de taxonomias propostas por experts do ramo, tão utilizada pelos primeiros mecanismos de busca, se mostrou tão inapropriada para a Web que foi basicamente contrariando isso que o Google se colocou como o mecanismo de busca de preferência mundial. Obviamente, ele trouxe outras vantagens como maior rapidez nas buscas. Entretanto, foi mesmo permitindo que o usuário busque, antes de qualquer predição sobre onde a informação pode ser encontrada (Shirky, 2005), que o Google contribuiu para diminuir a tensão na relação conflituosa em questão, sendo também esse um grande passo em direção à chamada Web 2.0.

2.2 – Web 2.0

Se num primeiro momento a Web não possuía nem linguagem e nem dinâmica próprias, não se pode dizer o mesmo no caso da Web 2.0, fase em que, teoricamente, estamos até hoje. Nesse momento marcado por interatividade, os fenômenos colaborativos (*blogs*, *wikis*, redes sociais, etc.) começam a despontar e a Web perde um pouco o status de repositório de documentos para ganhar de fato o de conjunto de serviços. Muitos desses serviços surgiram tirando proveito de uma melhoria generalizada de infraestrutura tanto no ato de servir (aumento de banda de acesso) quanto no de se utilizar a Internet em geral (utilização de computadores mais poderosos), como os utilizadores de interfaces ricas e os de compartilhamento de imagens, vídeos e músicas.

A inovação a partir da perspectiva *push* que surge nesse momento é o *Really Simple Syndication* (RSS), uma alternativa às ainda utilizadas *newsletters*, com a vantagem de permitir a distribuição automática de atualizações de conteúdo e o seu recebimento centralizado. No entanto, é a partir da perspectiva *pull* que se

puderam ver tanto os grandes desafios quanto os grandes avanços no sentido do aperfeiçoamento da relação entre usuário e informação na Web.

É inegável o ganho do ponto de vista da qualidade da experiência ocasionada pela crescente utilização de conteúdo multimídia na Web. No entanto, o que pode ser considerado desvantajoso e que é aumentado com isso não é somente o volume de dados trafegados, mas também a dificuldade em se atingir esse conteúdo em nível semântico. Máquinas ainda não podem, com total satisfação, resolver a dicotomia figura-fundo numa imagem. Logo, computadores depreendendo informações úteis a seres humanos de peças de música ou vídeo é algo que ainda engatinha.

Na tentativa de tornar esse conteúdo semanticamente acessível, foi adotada a prática do “*tagging*” (Halpin et al., 2007). Exemplos de uso são muitos: Last.fm, Technorati, Delicious, Connotea, Flickr, etc. Trata-se de uma atividade não-supervisionada de atribuição de semântica a conteúdos através de palavras, as chamadas “etiquetas” ou “*tags*”, por parte de usuários que os consomem. É uma forma de atribuição de metadados, mas é fundamentalmente diferente da iniciativa da Web Semântica por deixar isso a cargo do usuário, o que de alguma forma dialoga com o *modus operandi* do Google. As taxonomias dão lugar às chamadas “*folksonomies*”, muito mais flexíveis.

A falta de supervisão a priori leva a pensar que, com o tempo, os sistemas que fazem uso dessa prática tendem ao caos. No entanto, estudos acerca disso revelam o contrário. As relações entre frequência de uso das tags tendem a se estabilizarem com pouco tempo de uso do sistema (Halpin et al., 2007), configurando um caso de dinâmica semiótica (Aurnhammer et al., 2006). Como numa conversa, em que os iteradores negociam as melhores palavras, nessa prática eles entram em acordo com relação a um grupo de *tags* que melhor define o mesmo conteúdo. Essa estabilidade, independente do tamanho do sistema, indica que as *tags* mais usadas podem ser utilizadas na construção de ontologias da Web 3.0 (Aurnhammer et al., 2006).

É interessante notar que os exemplos mais representativos dessa etapa fazem uso não

somente do *tagging*, mas também de outras técnicas como a própria modelagem de usuário para tratar da questão principal deste artigo. O Last.fm, por exemplo, é uma rede social que utiliza-se de modelagem de usuário e *tagging* para conectar usuários com gostos musicais em comum e fazer recomendações. A modelagem é feita com base nas músicas mais ouvidas e não existe nenhum esforço em deprender qualidades inerentes às peças. No entanto, isso não é de tudo impossível. Utilizar características primárias de imagens (cor e textura) em combinação com as *tags* mostrou-se factível e eficiente na navegação ou busca em bases de imagens num estudo conduzido há poucos anos (Aurnhammer et al., 2006).

Obviamente, existem algumas desvantagens no uso do *tagging*. Apesar de não existirem restrições quanto ao crescimento do sistema que se utiliza disso, é necessário que ele tenha sido minimamente usado para ser eficiente, senão não haverá categorização de conteúdo já que não haverá também as próprias *tags*. Fora isso, a falta de supervisão pode gerar erros de ortografia, que talvez possam ser tratados, dado à sua natureza, por mecanismos de analogias, como o existente na arquitetura Copycat, por exemplo. Outros problemas mais difíceis de serem resolvidos estão associados a homonímia e sinonímia, este também relacionado à utilização de palavras em línguas diferentes. Nesses casos, alguns sistemas, como o Flickr, fazem uso de mecanismos de agrupamento (“*clustering*”) baseado na co-ocorrência de certas *tags*.

2.2 – Rumo à Web 3.0

São inegáveis os avanços obtidos frente ao problema da difícil relação entre usuário e informação na Web através do *tagging* e de técnicas estocásticas de ordenação de resultados de busca (“*ranking*”), como as utilizadas pelo Google. No entanto, pode-se dizer que é ínfima a contribuição desses elementos constitutivos da Web 2.0 no quesito precisão. O *tagging* é obviamente crítico nesse sentido. Os usuários não se preocuparão em criar *tags* objetivamente se isso não servir para ajudá-los a recuperar o conteúdo posteriormente. Dessa forma, a prática não dá conta de relacionar de forma unívoca os signos da Web a outros signos na Web ou mesmo no mundo. O objetivo em se trabalhar semântica

na Web é justamente esse. Isso afetaria a forma de se perceber o conteúdo, já que seria possível combinar e integrar dados inicialmente isolados a fim de se compor uma unidade de conteúdo muito mais flexível do que as persistentes páginas.

Os primeiros movimentos nesse sentido ocorreram há cerca de uma década, lançando as bases de uma iniciativa quase utópica de trazer semântica à Web, característica que hoje divide ao meio o grupo que tem isso como objetivo (Goth, 2009). A primeira parte é composta pelos simpatizantes da “Web Semântica” (com iniciais maiúsculas mesmo), iniciativa considerada oficial, já que é liderada pelo W3C, que visa em última instância uma total interoperabilidade (Hendler et al., 2007). Esta, cuja abordagem é semelhante à baseada em taxonomias dos sistemas de busca da primeira fase da Web, trata-se da própria iniciativa utópica supracitada, que pretende alcançar seus objetivos através de uma abordagem “*top-down*”, aplicando metadados através de padrões (RDF, OWL e outros *webstandards*) elaborados por um grupo de especialistas ao conteúdo da Web. É utópica por exigir consenso num sistema imenso e heterogêneo como o em questão.

A fim de se atingir a proposta interoperabilidade que extrapola os limites da Web, essa padronização é provavelmente necessária. No entanto, na prática, ela se mostra ineficiente em trazer benefícios para quem de fato desenvolve conteúdo para a Web hoje. Mesmo deixando de lado essa premência imediatista, a Web Semântica ainda teria os inconvenientes da incapacidade constitutiva de lidar com o escalamento e com incertezas, dependendo de esforços paralelos que consigam superar a rigidez causada pelo raciocínio silogístico que embasa a iniciativa (Shirky, 2003). Nesse sentido, são propostas extensões probabilísticas, possibilísticas e *fuzzy* para OWL (Kollias et al., 2006).

Visando benefícios imediatos, não contemplados pela iniciativa do W3C, grupos independentes com propósitos específicos resolveram trabalhar paralelamente a “Web semântica” (com “s” minúsculo), a partir de abordagens “*bottom-up*” (o que quer dizer que não há preocupação com interoperabilidade), compondo a segunda metade da divisão no grupo dos proponentes de uma Web

capaz de tangenciar seu conteúdo semanticamente. Aqui, a idéia não é atribuir metadados ao conteúdo, mas tentar atingir semântica a partir do conteúdo que já está na Web, notadamente o que se esconde entre formulários HTML e bases de dados (Goth, 2009). Bons resultados disso já podem ser percebidos em sites como o Wolfram Alpha (<http://www.wolframalpha.com>) e o Kosmix (<http://www.kosmix.com>), que, mais do que fazerem buscas, se propõem a dar respostas mais diretas ao usuário (Norman, 2007), o que pode ser visto como ganho na relação conflituosa em debate neste artigo.

2.3 – Enquanto a Web 3.0 não chega

É interessante notar que não é porque uma das iniciativas não é alegada utópica que ela é facilmente viabilizada. De ambas as formas, ainda há muito que se fazer para de fato se resolver na Web o problema acerca da semântica ou mesmo o problema mais geral aqui tratado, da relação entre usuário e informação. Os mecanismos de resposta mencionados, por exemplo, não entendem os elementos buscados como sentenças em linguagem natural, mas geralmente as decompõem em palavras-chave ou, num sistema mais sofisticado, em associações básicas de idéias que até uma criança pequena faria. Isso indica que mais estudo em NLP (acrônimo em inglês para “Processamento de Linguagem Natural”) deve ser feito.

Essa dificuldade que os sistemas computacionais exibem em articular linguagem é um grande entrave na problemática posta. Não há, de fato, diálogo entre homens e máquinas. Mas deve haver para que interfaces realmente adaptativas, agentes realmente inteligentes e real interoperabilidade de padrões, como os próprios modelos de usuário, sejam possíveis (Steels, 2006), sem a obrigatoriedade de uma grande padronização. Casos de dinâmica semiótica, característica de um diálogo humano ou mesmo de um sistema de *tagging*, não existem na Web envolvendo sites como iteradores.

3 – Conclusão

É possível, a partir da perspectiva histórica, perceber que a necessidade semântica que

preocupa quem pensa e desenvolve hoje a Web é fruto de um desenrolar de acontecimentos que, provavelmente, ainda vai ocasionar outras necessidades e conquistas. Nesse processo, duas fortes tendências podem ser apontadas: a priorização da perspectiva *pull* e a combinação de conteúdo através de integração e interoperabilidade (a integração de técnicas e práticas também pode ser interessante, como se pode inferir dos exemplos dados que, apesar de limitados a domínios muito restritos, proporcionam experiências efetivas). Se no início da Web era comum ver a página Web como unidade de conteúdo, com o tempo, isso foi se perdendo e as buscas foram sendo cada vez mais utilizadas (Norman, 2007). Hoje, com os chamados “serviços de resposta”, as páginas voltam à cena, mas como elementos integradores de peças de conteúdo inicialmente isoladas.

Com certeza, esse processo permitiu que a experiência Web se tornasse mais idiossincrática e eficiente do que era antes. No entanto, ainda há muito que fazer para se chegar numa “Ubiquitous Web” (Hendler et al., 2007), interfaces realmente adaptativas e agentes inteligentes. Enfim, se existe inteligência nos sites da Web, não se pode dizer que ela está na interface com o usuário. Talvez o *tagging* seja o fenômeno Web mais importante aqui citado, mas cognição distribuída (Steels, 2006) é algo que está muito aquém do que se poderia chamar de interfaces cognitivas, cuja importância nesse sentido nem permite que elas sejam abordadas neste trabalho.

Algo que merece muita atenção é o estudo acerca de manipulação e articulação de linguagem por parte dos sistemas computacionais que permitem a Web, onde reside grande parte das limitações ao desenvolvimento da Web. E, ao invés de se pensar em “ensinar” linguagem aos sites, fazemos trabalhar sobre símbolos cujos significados se associam não melhor que muito frouxamente aos significados que humanos fariam: essa é a proposta da Web Semântica e isso, a rigor, não é fundamentar símbolos. De qualquer forma, Semântica ou não, a Web é cega para o conteúdo.

Indo contra a iniciativa da Web Semântica, talvez seja a hora de se começar a dar real atenção ao que a inteligência artificial pode proporcionar para aprimorar a problemática experiência do usuário na Web debatida aqui. Desenvolver a

Web pode ser mais do que simplesmente implementar filtros de atenção: obviamente, mais que isso é necessário tanto para que os sistemas sejam realmente capazes de auxiliar seus usuários durante a interação, quanto para que se supere o grande obstáculo que se põe entre o usuário e a informação nesse ambiente.

Referências Bibliográficas

Aurnhammer, M., Hanappe, P., Steels, L. Augmenting Navigation for Collaborative Tagging with Emergent Semantics, 2006.

Berners-Lee, T. Information Management: A Proposal, 1989; <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>

Berners-Lee, T. Semantic Web Road map, 1998; <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>

Brusilovsky, P. From adaptive hypermedia to adaptive Web, *Communications of the ACM*, 45, 5 (2002).

Brusilovsky, P., Tasso, C. User Modeling for Web Information Retrieval, 2004.

Brusilovsky, P., Yudelson, M., Zadorozhny, V. A User Modeling Server for Contemporary Adaptive Hypermedia: an Evaluation of the Push Approach to Evidence Propagation, 2007.

Duric, Z.; Gray, W.D.; Heishman, R.; Fayin Li; Rosenfeld, A.; Schoelles, M.J.; Schunn, C.; Wechsler, H. Integrating perceptual and cognitive modeling for adaptive and intelligent human-computer interaction. *Proceedings of the IEEE. Volume 90, Issue 7*, 2002.

Clark, A. Global Abductive Inference and Authoritative Sources, or, How Search Engines Can Save Cognitive Science, 2002.

Fischer, G. User Modeling in Human-Computer Interaction, *Contribution to the 10th Anniversary Issue of the Journal User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI)*, 2002.

Etzioni, O., Perkowitz, M., Towards adaptive Web Sites: Conceptual framework and case study. *Artificial Intelligence 118*, 2000, 245-275.

Goth, G. Reaping Deep Web Rewards Is a Matter of Semantics, *IEEE Internet Computing*, 2009.

Halpin, H., Robu, V., Shepherd, H. The complex dynamics of collaborative tagging, 2007.

Hendler, J., Lassila, O. Embracing “Web 3.0”, *IEEE Internet Computing*, 2007.

Höök, K. Steps to take before Intelligent User Interfaces become real, 2000.

Kollias, S., Simou, N., Stamou, G., Stoilos, G. Uncertainty and the Semantic Web, *IEEE Intelligent Systems*, 2006.

Nielsen, J. 1994 study of Web usability, 1994; http://www.useit.com/papers/1994_web_usability_report.html

Norman, D. UI Breakthrough-Command Line Interfaces, *Interactions Magazine*, 2007.

Shirky, C. The Semantic Web, Syllogism, and Worldview, "*Networks, Economics, and Culture*" mailing list, 2003.

Shirky, C. Ontology is Overrated: Categories, Links, and Tags, 2005; http://www.shirky.com/writings/ontology_outrated.html

Steels, L. Collaborative tagging as distributed cognition, 2006.

Steels, L. Semiotic Dynamics for Embodied Agents, *IEEE Intelligent Systems*, 2006.