

# ADAPTIVNÍ WEBOVÉ SYSTÉMY A HODNOCENÍ KVALITY HYPERMEDIÁLNÍCH DOKUMENTŮ

Miroslav Bureš  
Ivan Jelínek

Odborná skupina WEBING, Katedra počítačů ČVUT FEL, Karlovo náměstí 13, 121 35  
Praha 2, ČR, [buressm3@fel.cvut.cz](mailto:buressm3@fel.cvut.cz), [jelinek@fel.cvut.cz](mailto:jelinek@fel.cvut.cz)

## Abstrakt

Adaptivní webové systémy představují perspektivní směr rozvoje internetu, zvláště v oblastech jako je e-learning, přizpůsobení webu handicapovaným uživatelům nebo osobní navigace po webu. Základní myšlenkou adaptivního přístupu je respektování odlišnosti jednotlivých uživatelů, popřípadě studentů. Cílem adaptivních webových systémů je zvýšit efektivitu a ergonomickou kvalitu podávání informací. Adaptovat můžeme uživatelské rozhraní aplikace, formu podávání informací i samotný informační obsah. V rámci své práce jsem navrhl formální popis adaptivního webového systému, který bude sloužit jako teoretický základ pro další výzkum v této oblasti a především jako výchozí teorie pro automatizovanou implementaci adaptivních webových systémů. Nedílnou součástí práce je vývoj systému pro hodnocení kvality hypermediálních a výukových dokumentů, poskytující potřebnou zpětnou vazbu. Článek se zabývá popisem problematiky adaptivních webových systémů, principy navrženého formálního popisu a systému hodnocení kvality hypermediálních dokumentů.

## 1. Úvod

Počátkem roku 1997 se objevuje pojem Webové inženýrství, představující aplikaci systematického, disciplinovaného, kvalifikovaného přístupu k vývoji, provozu a údržbě webových aplikací. Disciplína webového inženýrství [1] se kromě současného internetu zabývá vývojem nových koncepcí a technologií pro oblast webu. Jednou z nich je adaptivní, personalizovaný web [2]. *Adaptivní webové systémy* najdou efektivní využití v mnoha úlohách. Příkladem může být přizpůsobení webu handicapovaným uživatelům, osobní navigace po webu nebo prezentace informací podléhající složitějšímu systému oprávnění a uživatelských rolí. Především však e-learning [3], [4]. Proces prezentace informace a ovládání systému je již v obecné rovině svázán s problematikou učení.

### 1.1 Základní princip adaptivního webového systému

Adaptivní webový systém sleduje chování a charakteristiky konkrétního uživatele a na základě jich sestavuje adaptovaný dokument (který je tomuto uživateli poté poskytnut) z většího, rozsáhlejšího, zdrojového dokumentu. Pod pojmem *dokument* máme v tomto textu na mysli obecný hypermediální dokument, který je uživateli poskytován webovým serverem.

Základní motivací pro vytvoření adaptivního webového systému je odlišnost jednotlivých uživatelů. Proto je vhodné konkrétnímu uživateli připravit dokument přímo v souladu s jeho schopnostmi, preferencemi a potřebami. Adaptovat můžeme uživatelské rozhraní dokumentu, jeho informační obsah a uspořádání i další vlastnosti dokumentu. Uživatelé adaptivního systému tedy nemohou být anonymní. Adaptivní systém udržuje informace o konkrétním uživateli (studentovi), které při běhu systému průběžně vyhodnocuje a aktualizuje.

## 2. Návrh adaptivního webového systému a formální popis problematiky

Cílem práce je vytvoření systému pro automatizovanou implementaci adaptivních webových systémů. Jedná se o netriviální inženýrský proces, který vyžaduje zavedení formálního popisu dané oblasti, podobně jako je tomu v mnoha jiných oblastech počítačové vědy (teorie gramatik, programovacích jazyků a další). Příkladem motivace pro formalizaci oblasti je potřeba standardizace, zavedení unifikované komunikační platformy, výchozí teorie pro další výzkum na teoretické bázi a základ pro automatizovanou implementaci adaptivních webových systémů.

V rámci své práce jsem navrhl a publikoval formální popis adaptivního webového systému, např. [5], [6]. Tento formální popis je založený na matematické logice a teorii množin. Vzhledem k rozsahu je jeho plná dokumentace vystavena na stabilní webové adrese <http://webing.felk.cvut.cz/documents/adaptive.html>. V následujícím textu se seznámíme s jeho základními myšlenkami a principy.

### 2.1 Statická část popisu

Ve *statické části* se zabýváme sestavením adaptovaného dokumentu na základě hodnot parametrů uživatele. Tato část začíná akcí na straně klienta (uživatele). Následuje zpracování zpětné vazby, sestavení adaptovaného dokumentu a vrácení tohoto dokumentu zpět uživateli.

Charakteristika konkrétního uživatele adaptivního webového systému je v systému uložena pomocí tzv. *parametrů uživatele*. Takovými parametry mohou být například předchozí znalosti z okruhu podávaných informací, paměť, schopnost absorpce informace a další. Parametrů uživatele je široké spektrum. *Adaptivní webový systém* sestavuje adaptovaný dokument pro konkrétního uživatele systému. Jeho vstupy jsou hodnoty parametrů uživatele a zdrojový dokument, tzv. *datový zdroj dokumentu*.

Datový zdroj dokumentu je rozdělen do *bloků*. Bloky se skládají z *elementů*. Element datového zdroje dokumentu je část textu prezentované informace nebo ovládací prvek. Element datového zdroje dokumentu je větší jednotkou dat než například element značkovacího jazyka XML. V případě použití XML pro implementaci datového zdroje dokumentu se element datového zdroje dokumentu skládá z jednoho nebo více elementů XML.

Konkrétní chování elementu při sestavení adaptovaného dokumentu závisí na hodnotě *ovládacího signálu*. Způsob, jakým element na ovládací signál reaguje, např. jestli se do adaptovaného dokumentu zkopíruje celý, modifikovaný nebo vůbec, je popsán v *metadatech elementu*. Ke každému elementu jsou připojena metadata elementu a jeden až několik ovládacích signálů. Tato množina tvoří tzv. *komplexní element*, který je základní stavební jednotkou adaptovaného dokumentu. Proces konstrukce adaptovaného dokumentu je realizován pomocí *adaptačních funkcí*. Vstupem adaptační funkce může být nula až několik parametrů uživatele, výstupem pak jeden až několik ovládacích signálů.

Elementy se dělí na *zpětnovazební* a *bez zpětné vazby*. Příkladem zpětnovazební elementu může být otázka v testu z vykládané látky, výběr z nabídky různých druhů rozložení informací na obrazovce nebo časové počítadlo měřící dobu strávenou v jednotlivých sekcích dokumentu. Stejně jako elementy, také parametry uživatele rozdělujeme na zpětnovazební a bez zpětné vazby. Hodnoty zpětnovazebních parametrů získáme pomocí zpětné vazby za běhu

systemu, hodnoty parametrů bez zpětné vazby získáme předem (například pomocí předtestů) nebo je získáme pomocí závislosti parametrů. *Zpětnou vazbu* v adaptivním systému znázorníme jako propojení zpětnovazebních elementů se zpětnovazebními parametry uživatele. Pomocí zpětných vazeb adaptivní systém získává a zpřesňuje hodnoty parametrů uživatele, na základě kterých adaptuje dokument jeho potřebám.

Dále v systému zavedeme *závislost parametrů*. Závislost znázorníme jako funkci, jejíž vstupem je jedna nebo více hodnot parametrů, výstupem jedna hodnota parametru. Závislé parametry je možné využít dvojím způsobem. Prvním z nich je možnost zachycení reálné situace popsané nějakým psychologickým modelem. Používáme-li v systému dva parametry popisující psychické vlastnosti uživatele, které spolu podle psychologických studií souvisí, tuto závislost můžeme zavést i v adaptivním systému. Druhé použití spočívá ve vytváření dalších dat ze získaných hodnot parametrů, tedy dlouhodobé vyhodnocování zpětné vazby.

## **2.2 Dynamická část popisu**

Běh adaptivního systému lze charakterizovat sekvencí iterací. *Iterace* adaptivního webového systému je aktuální stav parametrů uživatele a výsledný adaptovaný dokument. Intuitivně si lze iteraci představit jako jeden časový snímek z běhu adaptivního webového systému. Popis adaptivního systému tedy můžeme rozdělit na statickou a dynamickou část. Ve *statické části* se zabýváme sestavením adaptovaného dokumentu z datového zdroje dokumentu na základě hodnot parametrů uživatele. Tato část začíná akcí na straně klienta (uživatele). Následuje zpracování zpětné vazby, sestavení adaptovaného dokumentu a vrácení tohoto dokumentu zpět uživateli. V *dynamické části* se zabýváme sekvencí iterací a časovým rozměrem problému.

V dynamické části popisu zavádíme tzv. *historii systému* v dané iteraci, což je množina všech iterací, které předcházely dané iteraci. Dále zavádíme *iteraci parametrů uživatele*, což je aktuální stav parametrů uživatele. Tedy iterace parametrů uživatele je podmnožina iterace. Analogicky zavádíme *historii parametrů uživatele* v dané iteraci jako množinu všech iterací parametrů, které předcházely dané iteraci parametrů. To totiž potřebujeme pro popis profilu uživatele. *Profil uživatele* je množina obsahující aktuální stav parametrů uživatele v dané iteraci a vybrané části historie parametrů uživatele v dané iteraci. Vymezuje data, která v adaptivním webovém systému skladujeme pro konkrétního uživatele.

## **2.3 Popis vlastností adaptivního webového systému**

Navržený formální popis částí adaptivního webového systému zavádí veličiny jednoznačně popisující vlastnosti systému. Typickým příkladem může být úroveň zpětné vazby v systému nebo podíl metadat v datovém zdroji dokumentu. Další oblast jejíž vlastnosti můžeme popsat zavedenými veličinami je datový zdroj dokumentu. Zde se formální popis zabývá redundancí obsahu a souvislostmi mezi informacemi. Zavedené veličiny jsou dalšími stavebními kameny pro popis zákonitostí v adaptivním webovém systému.

## **3. Hodnocení kvality hypermediálních dokumentů**

Pro zhodnocení výsledného efektu adaptivního webového systému potřebujeme komplexní systém pro hodnocení kvality hypermediálních dokumentů. Systém pro testování a hodnocení kvality je v této fázi nezbytný především pro zpětnou vazbu při vývoji. Narozdíl od exaktních úloh při testování softwarových produktů zde máme poněkud těžší situaci, protože část

hodnocení některých aspektů dokumentu může být závislá na subjektivních dojmech uživatelů.

Systém pro hodnocení výsledné kvality by měl být již součástí vývoje adaptivního webového systému. Cílem této práce je zahrnout systém pro hodnocení kvality přímo do formálního popisu adaptivního webového systému. Relevantní testy a systémy pro hodnocení by neměly být vytvářeny externě k již existujícím aplikacím ale měly by být generovány v již průběhu automatizované implementace, k níž formální popis adaptivního webového systému směřuje. Pro účely hodnocení adaptivního webového systému a jeho použití v oblasti e-learningu jsem vymežil následující oblasti.

### **3.1 Oblasti hodnocení kvality hypermediálního dokumentu**

První velkou oblastí hodnocení je *zpracování výukového dokumentu po technické a ergonomické stránce*. Technickou stránkou dokumentu máme na mysli konkrétní programovou realizaci. Především je to *bezchybnost kódu* výsledného dokumentu jak na straně klienta tak v interakci mezi klientem a serverem. Dalším důležitým faktorem je *kompatibilita* mezi nejpoužívanějšími prohlížeči, nezávisle na platformě. V případě adaptivního webového systému, jehož technická realizace na straně serveru je náročnější, než je tomu v případě klasických webových systémů, je významná také *doba odezvy* systému.

Co se týče ergonomické stránky dokumentu, pro testy a hodnocení můžeme využít stávající teorie HCI. Jako základní oblasti můžeme stanovit *ergonomii ovládnání, kvalitu navigace* v systému a *estetické parametry* dokumentu.

Druhou oblastí je *obsahová stránka dokumentu*, smysluplná zvláště v e-learningu. Nemusí se zdaleka jednat pouze o hodnocení obsahu z pedagogického hlediska. Klasickým příkladem je *vzdálenost souvisejících informací*. Převod sekvenčního výukového textu do hypertextu obecně znamená řešení optimalizačního problému „jak logickou návaznost informací nejlépe znázornit pomocí vazeb v rámci hypertextového dokumentu”. Tento problém vždy nemusí mít optimální řešení. Je potřeba najít nejvhodnější kombinaci a vodítky mohou být jak topologická vzdálenost souvisejících informací (vzdálenost informací na ploše obrazovky, měřená běžnými jednotkami délky), tak počet odkazů, které je potřeba projít k související informaci. Je zřejmé, že optimálně sestavený dokument bude mít pozitivní vliv na efektivitu výuky. V případě sestavování adaptovaného dokumentu se jedná o úlohu kterou je vhodné začlenit do formálního popisu problematiky.

V e-learningu se pak všechny oblasti podílejí na nejobtížněji měřitelné *efektivitě výuky*. K dispozici máme výpovědi studentů a studijní výsledky. Protože adaptivní webový systém individuálně sbírá informace o konkrétních studentech, poskytuje tím zároveň možnost pro implementaci automatického sledování kvality systému. Množina dat, kterou potřebujeme jako vstupní parametry pro adaptaci dokumentu a kterou potřebujeme pro hodnocení kvality totiž může mít v mnoha případech neprázdný průnik. Jinak řečeno, cílem je systém testování a hodnocení kvality jako organická součást adaptivního webového systému.

### **3.2 Možnosti testování hypermediálního dokumentu**

Způsoby jakými může být v adaptivním systému získána zpětná vazba o uživateli jsou v obecné rovině použitelné i pro hodnocení kvality. S konkrétními postupy testování uživatelského rozhraní má již opět zkušenosti disciplína HCI. Jako příklad dobře poslouží

doba potřebná ke splnění jistého úkolu v rámci systému, počet použití nápovědy systému, počet chyb nebo storno akcí při ovládní systému a další. Dále se věnujme specifickým hypermediálnímu výukovému dokumentu.

Například můžeme sledovat počet kliknutí (odkazů) potřebných k propojení informací které k sobě logicky patří nebo doba potřebná k pročetí (absorpci) určité části výukového textu. Tato doba se může vhodným členěním textu a výběrem výkladové metody zkrátit. Není jí však možné povýšit na dobu potřebnou k naučení dané partie látky, ta se principiálně liší. Jinou možností je vzdálenost obecně dvou informací. Tyto hodnoty nebudou mít smysl pro hodnocení uspořádání informací ale pro hodnocení systému odkazů a možnosti pohybu po dokumentu obecně. Studentovi dáme nějaký úkol a budeme sledovat cestu, kudy se v prostoru dokumentu bude ubírat za cílovou informací. Další možností při hodnocení konstrukce výukového hypermédiu může být návštěvnost jeho jednotlivých částí.

Pokud se jedná o „otevřený“ kurz, jehož součástí jsou odkazy na další zdroje na internetu, zajímavé informace může poskytnout návštěvnost těchto zdrojů (neboli průchod odkazy směřujícími na další zdroje mimo náš kurz). Na konkrétní situaci pak bude záviset, jestli naměřené výsledky budou indikátorem nedostatečnosti informací obsažených v našem výukovém dokumentu, nebo jen výpovědí o zvědavosti jednotlivých studentů.

Pro e-learning je pak nejvýznamnější zpětnou vazbou testování studenta z vykládané látky. Vyhodnocení je třeba přizpůsobit konkrétní situaci. Při adaptaci výukového dokumentu bude ovlivňovat způsob výkladu a výběr poskytovaných informací, při hodnocení výukového dokumentu například pomůže při revizi těch částí textu, které nebyly podle výsledků testů studenty uspokojivě pochopeny a zvládnuty.

#### **4. Budoucí práce**

Součástí výzkumu v této oblasti je začínající pilotní projekt výukového adaptivního webu a jeho použití ve výukovém procesu. Smyslem tohoto pilotního projektu je zpětná vazba týkající se jak implementační podpory, tak navrženého formálního popisu. Celý systém v budoucnu čeká řada iterací, které povedou k jeho zdokonalení a zefektivnění. Zároveň nelze vyloučit odhalení dalších možností a zákonitostí, které budou následně zahrnuty do formálního popisu. Další oblastí je hledání prostoru pro unifikaci formálního systému s normami pro e-learning, jako je AICC (<http://www.aicc.org>) a především SCORM (<http://www.adlnet.org>).

První aplikace adaptivních webových systémů totiž předpokládáme především v oblasti e-learningu. Cílem je zvýšení efektivity elektronické výuky, zlepšení jejích ergonomických parametrů, prezentace informací způsobem který nejvíce vyhovuje individuální charakteristice konkrétního studenta a přizpůsobení výuky handicapovaným studentům. Realizace individuálního přístupu k studentovi ze strany počítačového systému si však neklade za cíl simulovat osobní a individuální přístup pedagoga, který je v této oblasti nenahraditelný.

#### **Literatura:**

1. Jelínek, I. Web Engineering. Softwarové noviny, 2002, roč.13, č.12, s.78-81. ISSN 1210-8472

2. De Bra, P., Brusilovsky, P., Conejo, R. Sborník z konference Adaptive hypermedia and adaptive web-based systems, Second Int. Conf. AH2002. Malaga, Španělsko: Springer, 2002
3. Bureš, M.: Adaptivní systémy v internetem podporované výuce. In Sborník z konference Fenomén e-learningu v současném vzdělávání. Praha: Econ Publishing, 2003, s.49-51. ISBN 80-86433-20-X
4. Cerri, S., A., Gouarderes, G., Paraguacu, F. Sborník z konference Intelligent Tutoring Systems. Biarritz, Francie: Springer 2002
5. Bureš, M, Jelínek, I.: Formální popis adaptivního webového systému. In Sborník z konference 2.Mezinárodní matematický workshop. Brno: Econ publishing, 2003, s.12–13. ISBN 80-86433-28-5
6. Bureš, M, Jelínek, I.: Adaptivní webové systémy v e-learningu. In Sborník z konference BELCOM'04. Praha: ČVUT, 2004, s. 223-226. ISBN 80-01-02923-9