

# Porovnanie metód modelovania webových aplikácií\*

Patrik Tomčo

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Fakulta informatiky a informačných technológií  
`xtomco@stuba.sk`

6. novembra 2021

## Abstrakt

Modely a modelovacie nástroje sú veľmi často používané softvérovými inžiniermi na vyjadrenie ich myšlienok počas vývoja softvéru. Tieto modely vedú k definícii modelovo-založeného vývojového procesu (MDD: Model-Driven Development). Počas celej histórie softvérového inžinierstva boli pridávané nové využitia pre modely. Potenciálne benefity využívania modelov sú výrazne väčšie v softvérovej, ako v inej inžinierskej disciplíne. [8] V MDE (Model-Driven Engineering) sú modely považované za hlavný vývojový artefakt na tvorbu softvéru. [3] Z toho môžeme vyvodiť, že dôležitosť modelov v MDD je neodmysliteľná a je dôležité vedieť s nimi patrične narábať. Tento článok sa zaoberá popisom a porovnaním MDD metód, ktoré sú esenciálne pre správne a dlhodobé fungovanie softvéru, ako aj pre jeho komplexnosť. Taktiež analyzuje techniky navrhované na špecifikovanie funkčných, dátových a navigačných požiadaviek, ako aj poskytnutých mechanizmov na automatické preloženie týchto požiadaviek do koncepčných modelov. Hlavným cieľom tohto článku je preto pohľad a tieto metódy, využívaných vo vývoji webových aplikácií za účelom poukázania na ich silné a slabé stránky. [9]

Kľúčové slová: koncepčný model, modelmi riadený vývoj, metódy, webová aplikácia, modelmi riadené webové inžinierstvo, softvér

## 1 Úvod

Modelmi riadený vývoj (MDD: Model-Driven Development) sa stáva stále viac a viac dôležitou a využívanou metódou v rámci softvérového inžinierstva. MDD tvrdí, že softvérové systémy musia byť vyvíjané pomocou modelov. MDD proces zvyčajne začína požiadavkovou fázou, v ktorej sa definujú požiadavkové modely, z ktorých následne vznikne jeden alebo viacero koncepčných modelov [2]. Tie majú

---

\*Semestrálny projekt v predmete Metódy inžinierskej práce, ak. rok 2021/22, vedenie: Vladimír Mlynarovič

za úlohu popísať systém bez prihliadnutia na technologické aspekty softvéru a sú neskôr využité v analytickej fáze [9]. Práve týmto modelom a metódam, v ktorých su obsiahnuté, je venovaný tento článok. Presnejšie porovnaniu jednotlivých metód a koncepčných metód z nich pozostavujúcich. Tento článok sa zaoberá popisom rôznych MDWE (Model-Driven Web Engineering) metód. Tieto metódy a koncepčné modely článok porovnáva z pohľadu MDD, ako aj z pohľadu funkcionality a navigácie v rámci webových aplikácií a požiadaviek používateľa na spomenutých stránkach. V dnešnej dobe existuje enormné množstvo metód zaoberajúcich sa vývojom webových aplikácií. Preto by si popísanie všetkých metód dopodrobna vyžadovalo príliš veľké úsilie. Tento článok sa preto venuje len redukovanej množine metód, aby bolo možné sa im viac dopodrobna venovať. Metódy, ktorým sa článok primárne venuje sú OOHDM (Object-Oriented Hypermedia Design Model), OOWS (Object Oriented Web Solutions) a WSDM (Web Site Design Method). Každá z týchto metód predstavuje koncepčné modely, ktoré nám umožňujú popísať webové aplikácie technologicky nezávislým spôsobom. "Tieto metódy boli úspešne aplikované vo vývoji viacerých webových aplikácií, čo je dôkazom toho, že implementácia konštruovania webových aplikácií pomocou koncepčných modelov a ich neskoršie prepísanie do kódu je možné". [9]

Pre porozumenie tejto problematiky je veľmi dôležité vedieť, čo presne koncepčné modely predstavujú. Preto začne tento článok ich popisom. Ďalej bude pokračovať nasledovne. Sekcia 3 prezentuje prehľad popisovaných MDWE metód a ich bližší popis. Sekcia 4 sa venuje porovnaniu týchto metód a koncepčným modelom z pohľadu MDD a funkcionality a navigácie v rámci webových aplikácií. Sekcia 5 sa podrobnejšie venuje popisu MDA (Model-Driven Architecture) prístupu, ktorý je neskôr využitý v nasledujúcej sekcii. Sekcia 6 je venovaná porovnávaniu metód a modelov využívajúcich spomenutý MDA prístup. Sekcia 7 slúži ako sumarizácia všetkého, čo sme zistili o danej problematike a posledná sekcia poskytuje prehľad bibliografie.

Ešte spomeniem MDA prístup

## 2 Koncepčné modely

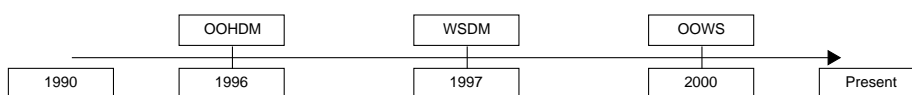
Ako bolo spomenuté, táto sekcia sa venuje definícii koncepčných modelov. Pre správne porozumenie neskoršej problematiky je znalosť týchto modelov veľmi dôležitá.

Koncepčné modely webových aplikácií špecifikujú jej kompozíciu a navigáciu v nej [2]. Kompozícia web stránky definuje, ktoré stránky tvoria hypertext a ich internú kompozíciu, ako aj možnosti používateľa na zaobchádzanie so systémom. Navigácia definuje rôzne spôsoby, ako môžu byť dané stránky navzájom prepojené linkami, ale aj zobrazenie postupnosti stránok, na základe používania zo strany používateľa, a obsahom vyobrazeným na stránke. Inými slovami, koncepčné modely webových aplikácií špecifikujú organizáciu jej front-end rozhrania v podobe stránok, dizajnových elementov, ktoré sú prepojené linkami na uľahčenie navigácie na web stránke a manipulovania s ňou [2].

Možno ešte niečo napíšem o koncepčných modeloch

### 3 Prehľad MDWE metód

Následuje sekcia venujúca sa popísaniu troch vybraných MDWE (Model-Driven Web Development) metód. Tými sú, ako bolo spomenuté: OOHDM, OOWS, WSDM. Obrázok č.1 poukazuje na prehľad študovaných metód a chronologické usporiadanie podľa roku prvej publikácie. Tieto metódy ale nebudú popísané chronologicky, ale podľa ich základnej vnútornej podobnosti. Preto budú najprv popísané objektovo-orientované metódy (OOHDM a OOWS) a potom WSDM. Tento článok sa venuje hlavne týmto metódam, pretože predstavujú techniky špeciálne vytvorené na špecifikovanie potrieb webových aplikácií. [9]



Obr. 1: Chronologický prehľad MDWE metód (upravený [9]).

#### 3.1 OOHDM: Object Oriented Hypermedia Design Model

OOHDM metóda bola vyvinutá pánmi Daniel Schwabe a Gustavo Rossi v roku 1994. Bolo to jedno z prvých metodologických riešení pre vývoj webových aplikácií. OOHDM zdôrazňuje separáciu navigačných aspektov softvéru od iných aspektov, ako napríklad koncepčné aspekty a aspekty rozhrania. Ďalšie prístupy boli neskôr inšpirované touto myšlienkou separácií rôznych aspektov. "Nakoniec, je dôležité spomenúť, že OOHDM nie je uzatvorený prístup a je postupne rozširovaný a vylepšovaný.", tvrdí Pedro Valderas, autor článku o porovnaní požiadaviek MDWE metód. [9]

Proces vývoja tohto prístupu je rozdelený do piatich hlavných fáz:

- Zhromažďovanie požiadaviek. V tejto fáze sú definovaní užívatelia, ktorí používajú webovú aplikáciu, ako aj užívateľské potreby, ktoré musí webová aplikácia podporovať.
- Koncepčný dizajn. Táto fáza pozostáva z koncepcnej schémy, v ktorej sú popísané statické systémové aspekty.
- Navigačný dizajn. V tejto fáze musí byť definovaný diagram navigačných tried a diagram navigačnej štruktúry. Prvý reprezentuje statické možnosti navigačného systému. Druhý, na druhej strane, rozširuje prvý diagram o prístupové štruktúry a navigačný kontext.
- Abstraktný dizajn rozhrania. Táto fáza definuje opis užívateľského rozhrania abstraktným spôsobom.
- Implementácia. V tejto fáze je webová aplikácia implementovaná. Táto implementácia je založená na predchádzajúcich modeloch. [9]

### 3.2 OOWS: Object Oriented Web Solutions

Ďalej nasleduje novšia metóda s názvom OOWS. Síce sa nejedná o nasledujúcu metódu v rámci chronologickej postupnosti, ale článok ju popisuje priamo po OOHDM metóde, pretože obidve tieto metódy majú rovnaký základ, a to objektovo-orientovaný prístup.

Táto metóda bola prvýkrát prezentovaná pánmi Joan Fons a Oscar Pastor v roku 2000. Ide o rozšírenie objektovo-orientovaného prístupu pri vývoji webových aplikácií. Narozdiel od OO-H (object-oriented hypermedia) prístupu, táto metóda je založená iba na objektovo-orientovanej báze. "Toto robí OOWS jednu z mála MDD metód, ktoré poskytujú podporu pre automatické generovanie rozhraní webových aplikácií, ako aj plne operatívnu funkčnosť vyjadrenú z modelov." [9]

Vývojivý proces obsiahnutý v tomto prístupe je rozdelený na tri hlavné fázy:

- Analýza požiadaviek. V tejto fáze sú špecifikované požiadavky webovej aplikácie pomocou modelov, ktoré sú založené na koncepte úloh (concept of task). Je dôležité poznamenať, že táto fáza bola uvedená do praxe až po pridaní rôznych rozšírení do tejto metódy.

- Špecifikácia systému. Táto časť pozostáva z popisu webovej aplikácie na koncepcnej úrovni. Na dosiahnutie tohto výsledku sú navrhnuté rôzne modely:

1. Objektový model na predpísanie statickej štruktúry webovej aplikácie
2. Funkčné a dynamické modely na predpísanie správania sa webovej aplikácie.
3. Navigačné a prezentačné modely na predpísanie používateľského rozhrania webovej aplikácie

- Generácia riešení. V poslednej fáze je webová aplikácia automaticky generovaná z modelov spomenutých v predchádzajúcich fázach. Na dosiahnutie tohto cieľa sú potrebné ale rôzne nástroje. [9]

### 3.3 WSDM: Web Site Design Method

Nakoniec nasleduje posledná metóda s názvom WSDM. Táto sa od predošlých líši, mimo iného, aj v tom, že nie je založená na objektovo-orientovanom prístupe.

WSDM metóda bola vyvinutá pánmi De Troyer a Leune v roku 1998. Ide teda o nepatrne novšiu metódu ako OOHDM ale staršiu ako OOWS.

WSDM definuje webové aplikácie popisovaním požiadaviek rôznych skupín užívateľov, ktorí s ňou zaobchádzajú. Ide teda o metódu, ktorá definuje užívateľa ako centrum tohto prístupu. Je to jedna z prvých metód, ktorá prihliada na problém vysokej rôznorodosti užívateľov vo webových aplikáciách. [9]

Vývojový proces tohto prístupu je rozdelený do piatich hlavných fáz:

- Špecifikácia poslania. V tejto fáze je potrebné definovať účel a predmet webovej aplikácie. Tatiež musí byť poukázané na cieľové publikum, pre ktoré je daná aplikácia vyvíjaná.

- Modelovanie publika. V druhej fáze sú špecifikovaní užívatelia a sú následne

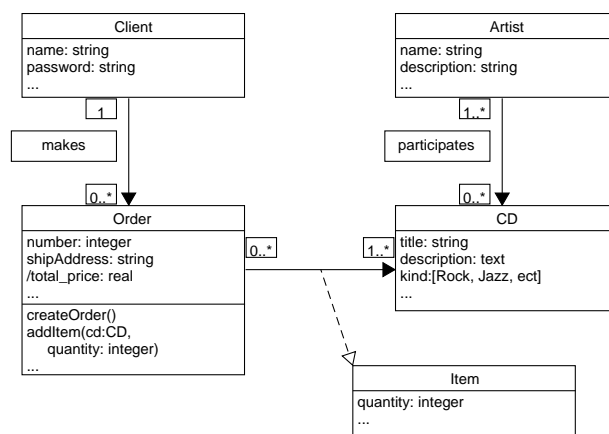
rozdelení do skupín. Toto je vykonané za účelom študovania systémových požiadaviek na základe každej skupiny používateľov.

- Koncepčný dizajn. V tretej fáze je vytvorený diagram tried a navigačný model. Diagram tried reprezentuje statický model systému a navigačný model popisuje možnosti navigácie vo webovej aplikácii.

- Implementačný dizajn. Počas štvrtej fázy sú definované konceptné dizajnové modely. Tieto modely sú následne doplnené o informácie, potrebné na samotnú implementáciu. Takéto informácie sú napríklad model štruktúry stránky alebo prezentačný model.

## 4 Porovnanie MDWE metód

Hlavné porovnanie MDWE metód + tabuľky



Obr. 2: Príklad konceptného modelu pre obchod s CD (upravený [7]).

## 5 Popis MDA prístupu

MDA prístup je široko využívaný softvérovými inžiniermi pri vyvíjaní webových aplikácií.

Často, pri MDD metódach, je interakcia medzi používateľom a systémom nie presne špecifikovaná. Často je rozhranie systému generované pre rozličné platformy (stolný počítač, web, mobilný telefón..) z rovnakého modelu. Tým sa vytvára priestor pre rozličné komplikácie spojené so systémovým rozhraním. V tom prípade je nutné klásť väčší dôraz na presnejšie špecifikovanie konceptných modelov. Preto je v tomto prípade MDA prístup veľmi zaujímavým riešením. [1] MDA (Model-Driven Architecture) je prístup využívaný v modelovo založenom softvérovom vývojárstve a predstavuje viacero modelov. Tieto modely majú za úlohu vylepšiť a spresniť proces vývoja softvéru. Prvým z nich je CIM (Computation-Independent model), v preklade model nezávislý na výpočte. Tento model neberie ohľad na výpočtové aspekty spojené s modelovaním

systému a je zameraný výlučne na požiadavky systému a jeho prostredia. Ďalším modelom je PIM (Platform-Independent Model), ktorý popisuje interakciu s danou platformou, bez toho, aby uvažoval technologické aspekty platformy. Tie špecifikuje posledný model PSM (Platform Specific Model). Tento model vychádza z predošlého modelu a už presne popisuje technologické požiadavky rôznych platfórm, na ktoré bude webová aplikácia následne implementovaná. Nakoniec je vytvorený model kódu z PSM modelu. Transformácia týchto modelov je automatická alebo polo-automatická. To závisí od MDA prostredia, ktoré ich podporuje. [5]

Ďalšia časť sa venuje porovnaniu MDWE metód vyživajúcich spomenutý MDA prístup.

## 6 Porovnanie MDWE metód vyživajúcich MDA prístup

Postupom rokov sa začali prejavovať slabšie stránky predošle spomenutých metód. Jedna z nich bola spomenutá v predchádzajúcej sekcii. Preto za účelom odstránenia týchto nedokonalostí sa začal využívať MDA prístup v spojení so spomenutými metódami. Tak vznikli hybridné metódy, ktoré využívajú techniky a postupy obsiahnuté v základných metódach, ale sú obohatené o postupy definované v MDA paradigme. Takýmito hybridnými metódami sú napríklad OOHDMDA a WSDMDA. Vďaka implementovaniu týchto postupov sa stávajú dané metódy efektívnejšie v oblasti vývoja webových aplikácií. OOWS metóda je v tejto časti vynechaná, pretože implementácia MDA je pri objektovo-orientovaných metódach čiastočne podobná (napr. obidve využívajú externé nástroje), a preto bude spomedzi objektovo-orientovaných metód popísaná len OOHDMD metóda.

Ďalej budú tieto metódy bližšie špecifikované a porovnané.

### 6.1 OOHDMDA

OOHDMDA je modelovacia metóda, ktorá kombinuje vlastnosti OOHDMD metód a prvky MDA prístupu. Jej hlavným cieľom je transformácia koncepčného modelu základnej metódy na PIM a následná transformácia na PSM. Tieto transformácie sú pomerne zložité procesy. Preto budú popísané o niečo jednoduchším spôsobom. Prvou časťou je generovanie PIM modelu. PIM model je vytvorený z dizajnového modelu obsiahnutého v základnej metóde OOHDMD, ktorý je potom rozšírený o ďalšie aspekty (Behavioral Semantics Model). Ďalej nasleduje transformácia na PSM model. Tá je sprevádzaná rôznymi špecializovanými nástrojmi ako napríklad XMINavigationalTransformer, ktorý je spomenutý v článku od Hansa Alberta Schmida. [6]. Konečným výsledkom tejto metódy je webová aplikácia založená na servlet programe. Ide jednoducho o program, ktorý odpovedá na sieťové požiadavky, najčastejšie HTTP požiadavky. Čiže OOHDMDA generuje servlet-založené webové aplikácie z tradičnej metódy. [6]

## 6.2 WSDMDA

WSDMDA je MDA-založená metóda na vývoj webových aplikácií. Ako z názvu vyplýva, tak je založená na existujúcej WSDM metóde spomenutej vyššie v článku. WSDMDA zvyšuje efektívnosť základnej metódy tým, že poskytuje vyššiu rýchlosť generovania komplexného kódu ako tradičná metóda. Výsledkom tejto hybridnej metódy oproti základnej je taktiež schopnosť narábať aj s dynamickou webovou aplikáciou, namiesto narábania jedine so statickou. Toto je dosiahnuté vďaka tomu, že vrchná časť webovej stránky sa mení v závislosti od používateľských záujmov, kým druhá časť ostáva taká, aká bola definovaná webovým dizajnérom. Profil týchto používateľských záujmov je využívaný počas chodu webovej aplikácie, za cieľom zobrazovania špeciálnych položiek, ktoré môžu byť využité ako promócia nového produktu alebo ako reklama špecifickej témy v danej oblasti.

Táto metóda prerába koncepčný model tradičnej metódy, za účelom využitia tohto modelu ako PIM model, a to vďaka pridaniu používateľského záujmového profilu. Ďalej kladie veľký dôraz na následnú transformáciu na PSM model, spresnením PIM modelu. [4]

**Porovnanie** Spomenuté metódy sa od seba líšia ako v základnom, tak aj v tomto rozšírenom tvare. Tu je ale možné presne vidieť ich rozdielne prístupy k MDA paradigme. Prvá fáza je rovnaká, transformácia koncepčného modelu na PIM model. Kým OOHDMDA metóda ku koncepčnému modelu pridáva ďalší model, špecificky BMS (Behavioral Semantics Model), tak WSDMDA sa snaží upriamiť ešte väčšiu pozornosť na používateľa pridaním používateľského profilu. Neskôr nasleduje transformácia na PSM model. Tá sa taktiež u oboch kandidátov líši. OOHDMDA využíva rôzne nástroje za účelom prerobenia PIM sa sevrlet založenú platformu. Tieto transformácie taktiež zahŕňujú navigačné a koncepčné transformácie [4]. Na druhej strane WSDMDA vytvára všeobecný PSM model, ktorý presne špecifikuje technologické požiadavky danej platformy. Obrázok č.3 slúži ako tabuľka na grafické zhrnutie tohto porovnania.

Kritérium	OOHDMDA	WSDMDA
Základná metóda	OOHDM	WSDM
PIM	Prerába objektový model OOHDM na PIM po pridaní BMS (Behavioral Semantics Model)	Prerába koncepčný model WSDM na PIM po pridaní používateľského profilu
PSM	Zameraný na sevrlet-založenú platformu	Všeobecný PSM
Modelová transformácia	Navigačná a koncepčná transformácia	Prerobený koncepčný model (PIM) na všeobecný PSM model

Obr. 3: Porovnanie OOHDMDA a WSDMDA metódy (prevzatý [4]).

## 7 Zhrnutie

Tu napíšem zhrnutie

## Literatúra

- [1] Oscar Pastor Francisco Valverde, Ignacio Panach. An abstract interaction model for a mda software production method. In *Tutorials, Posters, Panels and Industrial Contributions at ER 2007*. ACM, November 2007.
- [2] Vassiliki Gkantouna, Athanasios Tsakalidis, and Giannis Tzimas. Mining interaction patterns in the design of web applications for improving user experience. ACM, July 2016.
- [3] Thiago Gottardi and Rosana Teresinha Vaccare Braga. Evaluating the ability of developers to use metamodels in model-oriented development. IEEE, May 2019.
- [4] Mohammed Abdalla Osman Mukhtar, Mohd Fadzil B Hassan, Jafreezal Bin Jaafar, and Lukman A. Rahim. Enhanced approach for developing web applications using model driven architecture. In *2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*. IEEE, November 2013.
- [5] Oscar Pastor, Sergio España, José Ignacio Panach, and Nathalie Aquino. Model-driven development. 31(5):394–407, August 2008.
- [6] Hans Albrecht Schmid and Oliver Donnerhak. OOHDMDA – an MDA approach for OOHDM. In *Lecture Notes in Computer Science*, pages 569–574. Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- [7] Daniel Schwabe, Gustavo Rossi, and Mark Douglas de Azevedo Jacyntho. A software architecture for structuring complex web applications. 1(1):38–60, January 2002.
- [8] B. Selic. The pragmatics of model-driven development. 20(5):19–25, September 2003.
- [9] Pedro Valderas and Vicente Pelechano. A survey of requirements specification in model-driven development of web applications. 5(2):1–51, May 2011.