

Strukturne sastavnice proizvoda: model podataka u kontekstu malih i srednjih preduzeća (MSP)

Miroslav Dragić
Tehnološki fakultet u Banjoj Luci
Univerzitet u Banjoj Luci
Banja Luka, Bosna i Hercegovina
(0000-0002-4634-4074)

Živko Pavlović
Fakultet tehničkih nauka
Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija
(0000-0002-1480-8786)

David Ištoković
Strojarski fakultet
Sveučilište u Rijeci
Rijeka, Hrvatska
(0000-0001-9539-0619)

Sažetak— U savremenim uslovima poslovanja, naročito u kontekstu ubrzane digitalizacije, sposobnost sistemskog upravljanja informacijama o proizvodima i proizvodnim procesima postaje ključna za postizanje konkurentske prednosti. Za proizvodna mala i srednja preduzeća (MSP), koja posluju u uslovima ograničenih informacionih, materijalnih i finansijskih resursa, te pod stalnim pritiskom za smanjenje troškova i skraćenje vremena isporuke, jasno strukturisani pristup upravljanju podacima o proizvodima i procesima predstavlja ključnu polugu za postizanje efikasnosti, kvaliteta i fleksibilnosti na tržištu. Pri tom, strukturna sastavnica proizvoda i odgovarajući model podataka predstavljaju preduslov za dosljedno, skalabilno i interoperabilno upravljanje informacijama tokom čitavog životnog ciklusa proizvoda (od koncepta, razvoja i proizvodnje, do održavanja i reciklaže). U radu su razmatrani različiti pristupi definisanju podataka o strukturi proizvoda uključujući relacije, objektno orjentisane i hibridne (multi-model) modele.

Ključne riječi—strukturna sastavnica, model podataka, MSP

I. UVOD

Strukturna sastavnica proizvoda (SSP) predstavlja formalizovan opis hijerarhijskog sadržaja (komponenti) proizvoda (sklopovi, podslopovi, dijelovi i materijali), uključujući i odnose između sastavnih komponenti (npr. “dio A je dio sklopa B”), te attribute koji definišu relacije (količina, jedinica mjere, varijante, revizije i slično). Kao takva, SSP predstavlja osnovu za postupke kao što su definisanje i praćenje promjena u konfiguraciji proizvoda, planiranje proizvodnje, planiranje nabavke, praćenje troškova i uspostavljanje sljedivosti [1].

U praksi, strukturna sastavnica se najčešće pojavljuje u dvije varijante i to:

- Konstrukciona sastavnica (engl. *Engineering Bill of Materials - EBOM*), koja sadrži samo elemente pripadajuće strukture proizvoda. Na primjer za elektromotor su to kućište, rotor, stator, kontrolna ploča itd.
- Tehnološka sastavnica (engl. *Manufacturing Bill of Materials - MBOM*), koja osim elemenata sadržanih u konstrukcionoj sastavnici, sadrži i dodatna sredstva potrebna za proizvodnju kao što su alat, pomoćni materijal (rezne ploče, elektroda, materijal za čišćenje i pripremu površina, energenti i slično), mjerna i kontrolna oprema i drugo.

Slika 1. prikazuje djelimični prikaz strukturne konstrukcione sastavnice jednog složenog proizvoda kreirana u ERP sistemu NESoft_PG.

| | | | | | | |
|----|---|--------|------------------|--------------------------------------|-----|--------|
| 1 | M | 200222 | EN 10025 S235JR | UNP 65 St 37-2 DIN 1026 | m | 3,724 |
| 2 | D | 500014 | | Postoje noseće konstrukcije - POZ. 2 | kom | 2 |
| 1 | M | 200222 | EN 10025 S235JR | UNP 65 St 37-2 DIN 1026 | m | 2,76 |
| 3 | D | 500015 | | Postoje noseće konstrukcije - POZ. 3 | kom | 3 |
| 1 | M | 200222 | EN 10025 S235JR | UNP 65 St 37-2 DIN 1026 | m | 2,6634 |
| 4 | D | 500016 | | Postoje noseće konstrukcije - POZ. 4 | kom | 6 |
| 1 | M | 200038 | EN 10025 S235 JR | Lim tvl 6mm S37-2 DIN 17100 | m2 | 0,0069 |
| 5 | D | 500013 | | Postoje noseće konstrukcije - POZ. 5 | kom | 1 |
| 1 | M | 200222 | EN 10025 S235JR | UNP 65 St 37-2 DIN 1026 | m | 3,724 |
| 6 | D | 500017 | | Nosač trafoa - POZ. 1 | kom | 4 |
| 1 | M | 200222 | EN 10025 S235JR | UNP 65 St 37-2 DIN 1026 | m | 2,6438 |
| 7 | D | 500018 | | Nosač trafoa - POZ. 2 | kom | 2 |
| 1 | M | 200231 | EN 10025 S235JR | UNP 100 St 37-2 DIN 1026 | m | 2,99 |
| 8 | D | 500019 | | Nosač trafoa - POZ. 3 | kom | 4 |
| 1 | M | 200038 | EN 10025 S235 JR | Lim tvl 6mm S37-2 DIN 17100 | m2 | 0,0174 |
| 9 | D | 500020 | | Nosač NN bloka | kom | 4 |
| 1 | M | 200222 | EN 10025 S235JR | UNP 65 St 37-2 DIN 1026 | m | 0,5607 |
| 10 | D | 500021 | | Umetak za nosače blokova | kom | 10 |
| 1 | M | 200038 | EN 10025 S235 JR | Lim tvl 6mm S37-2 DIN 17100 | m2 | 0,0098 |

Slika 1. Strukturna sastavnica proizvoda Blindirana trafo stanica (djelimičan prikaz) u softveru NESOFT_PG

Model podataka predstavlja skup koncepata, struktura i pravila koji određuju kako se informacije o SSP predstavljaju, skladište, verifikuju i razmjenjuju. Ovaj model obavezno obuhvata:

- Semantiku, definisanu skupom entiteta (materijali, dijelovi, sklopovi, varijante) i međusobnih relacija (sadrži, zamjenjuje, pripada i slično);
- Ograničenja (obavezni atributi, predefinisane, maks/min vrijednosti, varijantna pravila i sl.);
- Mehanizme upravljanja promjenama;
- Interoperabilnost i razmjenu podataka (npr. koncepti iz standarda poput ISO 10303 STEP ili drugih formata za razmjenu) [2];

Najčešće korišteni modeli podataka uključuju relacione modele, objektno orjentisane modele i hibridne (*multi-model*) modele. Pri izboru kriterijume za ocjenu vrste modela i sistema upravljanja podacima (DBMS), potrebno je uzeti u obzir prirodu i strukturu podataka, okruženje za izvršavanje, korištene programske jezike, iskustvo programera sa konkretnim DBMS-ima, cijenu, period podrške i održavanja, funkcionalnost i performanse [3].

Izbor optimalnog modela podataka i DBMS-a posebno dolazi do izražaja kod malih i srednjih preduzeća. Naime, ova preduzeća, posebno preduzeća proizvodne djelatnosti, posluju u uslovima hroničnog nedostatka resursa. Ovo uključuje nedostatak kako finansijskih i materijalnih, tako i kadrovskih i IT resursa. Ipak prednost ovih preduzeća, u odnosu na velika, ogleda se u velikom stepenu prilagodljivosti i projektno orijentisanom poslovanju, često baziranom na direktnim zahtjevima kupaca [4].

Sa stanovišta održivosti poslovanja, za MSP ključno je da izabrana rješenja za SSP i model podataka budu:

- jednostavna za implementaciju i održavanje,
- interoperabilna sa postojećim alatima (CAD, PDM/PLM, ERP/MRP, MES),
- skalabilna uz rast kompleksnosti i proizvodnog programa,
- troškovno efikasna i usklađena sa realnim zahtjevima preduzeća i
- dugoročno podržana kako od strane proizvođača DBMS-a, tako i od strane projekatana i implementatora informacionog sistema [5].

Ovaj rad se prvenstveno bavi problemima MSP proizvodne djelatnosti, primarno mašinske i elektro-mašinske, pri definisanju zahtjeva koji se postavljaju pred informacioni sistem. Neka od pitanja na koja ovaj rad nastoji dati odgovor su: Kako definisati SSP koja istovremeno podržava inženjersku proizvodnu i servisnu perspektivu bez dupliranja i nekonzistentnosti podataka? Koji je najmanji skup koncepata i pravila modela podataka potreban da MSP postignu sljedivost promjena i efikasno praćenje varijanti? Koje arhitekture podataka najbolje balansiraju jednostavnost, performanse i mogućnost integracije modela podataka u MSP? Kako mjeriti i demonstrirati korist (kvalitet, vrijeme, trošak) prilikom uvođenja modela podataka SSP u praksu MSP?

II. DEFINISANJE PROBLEMA I IZAZOVI

Iako su dostupna rješenja relativno skupa i komplikovana za implementaciju, da bi se izborila sa složenim uslovima poslovanja, MSP proizvodne djelatnosti trebaju efikasan informacioni sistem za praćenje svih elemenata poslovanja. Ukoliko zanemarimo zakonski obavezne elemente za praćenje poslovanja (finansijsko i robno knjigovodstvo), podrška procesima razvoja, proizvodnje i održavanja proizvoda postaje imperativ. Osim opisa strukture proizvoda i tehnologije proizvodnje, sistem minimalno mora da podrži i postupke upravljanja zahtjevima kupaca (engl. *Customer Relationship Management – CRM*) i upravljanja širokim spektrom dokumentacije (komercijalna, konstrukciona, tehnološka, radna, kontrolna i druge).

Kompleksnost informacionog sistema preduzeća, a posebno sistema za rad sa strukturnim sastavnicama proizvoda, ogleda se u sledećem:

- Korišćenje velikog broja komponenata uključujući sirove materijale, gotove komponente, standardne i nestandardne poluproizvoda (dijelovi i sklopovi);
- Relativno velika složenost proizvoda, tako da strukturne sastavnice proizvoda nerijetko imaju 10 i više nivoa ugradnje (hijerarhijski nivo u strukturi) sa stotinama elemenata koji ulaze u strukturu proizvoda;
- Proizvodnja je praktično pojedinačna ili u vrlo malim serijama (dva, tri komada);
- Proizvodi koji se periodično ponavljaju često predstavljaju različite modifikacije proizvoda (npr. lift iako istih karakteristika ugrađuje se u različite objekte, sa različitim dimenzijama, spratnosti i sl.);

- Zbog varijacija u konstrukciji, u većini slučajeva, potrebno je pristupiti izradi tehničke i radne dokumentacije počevši od nule;
- Vrijeme od prijema zahtjeva kupca do davanje ponude i izrade proizvoda danas je veoma kratko. Naime često ova preduzeća moraju konfiguraciju proizvoda i rokove isporuke usklađivati sa lancima snabdijevanja većih poslovnih subjekata;
- Zbog specifičnosti proizvodnog programa, potrebno je da preduzeće prati svoje proizvode i nakon isporuke kupcu kroz atestiranje, servisiranje i održavanje;
- Na kraju, preduzeće mora biti spremno da unaprijed procjeni i finansijski učinak svakog posla [4];

Izazovi koji se postavljaju pred savremeni model podataka SSP odnose se na:

- Fragmentacija podataka - Podaci nastaju i koriste se između različitih platformi (CAD, CAM, ERP, razmjena podataka sa kupcima i dobavljačima npr.), bez jedinstvenog izvora, što često dovodi do grešaka i neusklađenosti podataka;
- Upravljanje različitim varijantama - Upravljanje mnogobrojnim varijantama i opcijama proizvoda (npr. različite boje, dimenzije, opcije u konstrukciji) traži eksplicitna pravila i efikasne strukture za upravljanje varijantama sastavnica;
- Sljedivost promjena i usaglašenost – Prekidi u lancu označavanja (prenos oznaka), nepotpuno verzionisanje i upravljanje promjenama otežava audit, utvrđivanje kvaliteta i usklađenosti s normama. Ovo je posebno osjetljivo u industrijama regulisanim strogim normativima kao što su zavarene konstrukcije, automobilska, avio industrija, brodogradnja i slične;
- Interoperabilnost i standardizacija - Nedostatak standardizovanog modela podataka otežava razmjenu informacija između partnera u lancu snabdijevanja i integraciju. Opšti formati i standardi su korisni, ali često isuviše kompleksni za MSP;
- Održivost i cirkularna ekonomija - Ugrađene informacije o materijalima, popravkama i zamjenama mogu znatno olakšati održavanje, remanufakturu i reciklažu, ali zahtijevaju kompleksniji model podataka;

III. MODELOVANJE PODATAKA

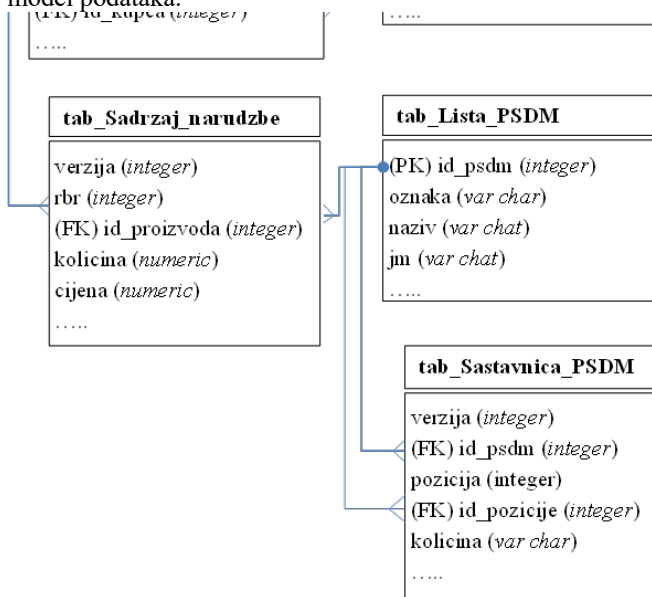
Model podataka je model koji opisuje kako se elementi podataka i njihova svojstva identifikuju, grupišu i međusobno povezuju, kao i koje operacije nad njima mogu da se izvode. Najčešće prepoznati i korišteni modeli podataka i njima pripadajući DBMS su: relacioni (*Relational Data Model*), dokument orijentisani (*Document-oriented Model*), graf orjentisani modeli (*Graph Database Model*), objektno orjentisani (*Object-oriented databases*) i u novije vrijeme sve više prisutni hibridni modeli (*Multi-Model Database Management Systems*) [6].

U nastavku biće prikazani različiti prisupi modelovanju podataka o proizvodima jednog proizvodnog preduzeća. Model podataka će obuhvatiti podatke o strukturi proizvoda (konstrukciona strukturna sastavnica), narudžbama kupaca i modelima upravljanja dokumentacijom (Slika 2.).

Slika 2. Elementi modela podataka

A. Relacioni model

Ova tehnologija je standardizovana, najstarija je i široko je rasprostranjena. Sistem za upravljanje relacionim bazama podataka (engl. *Relational Database Management System - RDBMS*) čuva podatke u vidu dvodimenzionalnih tabela, koje sačinjavaju redovi i kolone. Svaki red odgovara jednom zapisu (slogu), dok kolone označavaju polja tog zapisa (Atributi). RDBMS obično podržava velik broj različitih, ali u osnovi jednostavnih tipova podataka. Relacije se ostvaruju putem ključeva (engl. *keys*), koji u stvari predstavljaju veze entiteta jedne table sa entitetima druge. Za manipulaciju podacima RDBMSs koriste SQL jezik (engl. *Structure Query Language*) koji je standardizovan. Slika 3 prikazuje primjer uproštenog relacionog modela podataka za prethodno opisanu situaciju. Navedeni model prikazuje i način integracije CRM sistema u model podataka.



Slika 3. Relacioni model podataka

S druge strane, predstavljeni model ne sadrži model upravljanja dokumentacijom. Isti može biti realizovan na dva načina i to:

- čuvanjem podataka, kao atributa, u bazi podataka o putanji do dokumentacije vezane za narudžbu kupaca (narudžbe, ugovori, fakture i slično), tehničku dokumentaciju (crteži, specifikacije, tehnološki listovi i sl.) i radnu dokumentaciju (radionički crteži, krojne lista, CNC programi i sl.) ili
- unaprijed predefinisanim algoritmom ili uređenim *template*-om za smještanje podataka povezanih sa primarnim ključevima u tabelama kao što je npr. godina-broj narudžbe, id_broj proizvoda, sklopa, dijela ili materijala.

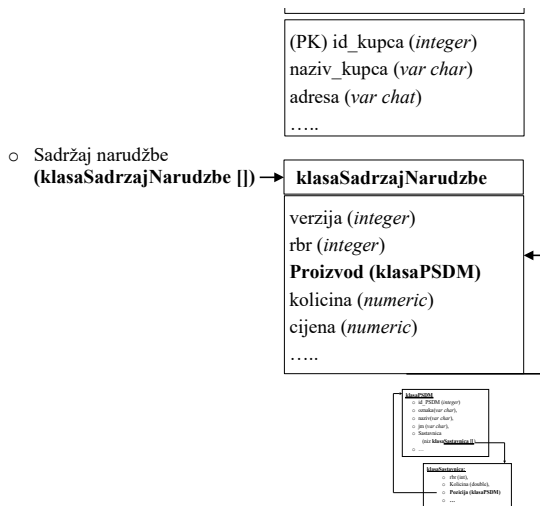
B. Objektno orijentisani model

U objektno orijentisanim bazama, zapisi se čuvaju kao objekti klasa koji, pored stanja (vrijednosti polja promjenljivih unutar objekta klase), posjeduju i ponašanje (metode i svojstva sa metodama *get* i *set*), te podržavaju nasljeđivanje. Objekti su međusobno povezani pokazivačima. Glavna sličnost sa relacionim modelima je da klase u objektno orijentisanim programskim jezicima, kao i relacije, imaju unaprijed definisanu šemu. Objektno orijentisane baze podataka su snažno vezane za programski jezik i izvršno okruženje (Slika 4.). Iako postoje izvjesni pokušaji, još od 90-tih godina prošlog vijeka, ova tehnologija nikada nije zvanično standardizovana.

Slika 4. Korisnička aplikacija u sprezi sa bazom podataka modela podataka

Za razliku od relacionih baza, koje sve manipulacije nad bazom ostvaruju preko upitnog jezika SQL-a, sistemi za upravljanje objektnim bazama podataka (ODBMSs) u istu svrhu koriste izvorni objektno orijentisani jezik same aplikacije (*C#, C++, Java...*), čime se ostvaruje direktna veza između aplikacijskih objekata i objekata pohranjenih u bazi. Ovo za posledicu ima olakšanu manipulaciju podacima iz baze korištenjem izvorne aplikacije informacionog sistema. Većina objektnih baza podržava i SQL jezik, prvenstveno u kontekstu ODBC-a (engl. *Open Data Base Connectivity*).

Iako je svojevremeno proglašavana tehnologijom koja neminovno dolazi, u vrijeme pisanja ovog teksta, primjećuje se da većina, ranije popularnih OODBMS, nema redovna održavanja ili je pak njihov dalji razvoj naprosto prekinut. Tako je npr. *db4o* poslednji put ažurirana 22.09.2019. i prekinut je njen dalji razvoj, *ObjectBox* se i dalje aktivno razvija, ali podržava samo ograničen skup programskih jezika (*Java, Kotlin, C/C++, Python*) dok drugi vrlo popularni, kao što su *PHP* i *C#* nisu podržani. Zbog navedenih ograničenja, objektno-orijentisani DBMS-ovi danas nisu široko rasprostranjeni [8]. Prijedlog objektnog modela podataka za gore razmatrani problem prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Objektni model podataka

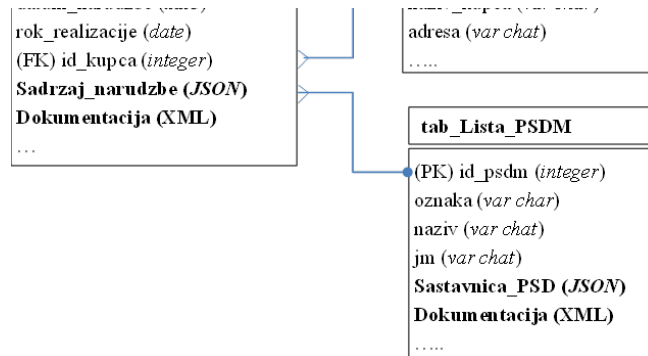
U ovom slučaju model upravljanja dokumentacijom može se realizovati direktnim ubacivanjem kolekcija dokumentacije u bazu podataka (kao klase tipa *Object*, *File*...) ili na jedan od načina opisan u prethodnom slučaju. Direktno ubacivanje fajlova u bazu podataka, iako moguće, nije preporučljivo zbog povećanja korištene memorije i otežanog obezbjeđenja integriteta baze podataka.

C. Hibridni model (Multi Model Database)

Ovaj model baze podataka integriše više različitih modela podataka (npr. relacioni sa dokument ili graf orjentisanim modelom) u jedinstven sistem. Tradicionalno, različiti problemi preferiraju specifične modele podataka, pa ovakvi sistemi nude veliku fleksibilnost primjene (umjesto uvođenja više posebnih sistema), smanjuju operativne troškove, ali povećavaju operativnu složenost [9].

Neke od danas češće korištenih hibridnih platformi (engl. *Multi Model Database Management Systems* - MMDBMS) su: ArangoDB (multi-model dokument + graf + ključ vrijednost), OrientDB (dokument + graf + *SQL-like* jezik i transakcije), Azure Cosmos DB (više API-ja kao što su *Core/SQ*, *Gremlin*, *Cassandra*, *Table*, *Mongo*), MarkLogic (dokument *XML/JSON* + *full-text* uz snažnu sigurnost i pretragu) i PostgreSQL (relacioni model kroz ekstenzije kao što su *JSONB*, *XML* i *PostGIS*). Na Slici 6 prikazan je hibridni model podataka prilagođen korištenju u PostgreSQL bazama podataka. Slike 7, 8 i 9 prikazuju uprošten oblik JSON i XML objekata u hibridnom modelu podataka [10].

U ovom slučaju model upravljanja dokumentacijom može se realizovati ubacivanjem podataka o povezanoj dokumentaciji u obliku JSON ili XML zapisa, mada su i dalje dostupni ranije opisani modeli upravljanja dokumentacijom.



Slika 6. Hibridni model podataka

```

"verzija": "1",
"datum verzije": "2025-12-18."
},
"stavke": [
  { "redni_broj": 1, "ident": "400245", "kolicina": 3, "cijena": 12.49},
  { "redni_broj": 2, "ident": "400322", "kolicina": 1, "cijena": 199.99}
  {...}
]
}

```

Slika 7. JSON oblik zapisa podataka o sadržaju narudžbe kupca

```

<dokument
naziv=" Ugovor_123.pdf"
tip="application/pdf"
velicina="1.25 MB"
putanja="/arhiva/2026/ugovori/Ugovor_123.pdf" />
<dokument
naziv=" Specifikacija_v2.docx"
tip="excelldocument/xlsx"
velicina="842 KB"
putanja="/projekti/alpha/docs/Specifikacija_v2.xlsx" />
<... />
</dokumenti>

```

Slika 8. XML oblik zapisa podataka o povezanoj dokumentaciji

```

"proizvod": {
  "id": "400265",
  "verzija": "1",
  "datum_izmjene": "2025-11-24",
},
"sastavnica": [
  { "redni_broj": 1, "ident": "500105", "kolicina": 2 },
  { "redni_broj": 2, "ident": "200324", "kolicina": 0.5 },
  { "redni_broj": 3, "ident": "582001", "kolicina": 4 },
  { "redni_broj": 4, "ident": "252346", "kolicina": 1.25 }
]
}

```

Slika 9. JSON oblik zapisa podataka o sastavnici proizvoda

IV. REZULTATI I DISKUSIJA

Relacioni modeli podataka i dalje su najzastupljeniji u upotrebi. Razlog tome leži u činjenicama da se radi uglavnom o standardizovanoj tehnologiji, te da postoji ogroman broj iskusnih programera i administratora ovih baza podataka. U tom smislu, razvoj aplikacija, koje rade sa ovim modelom podataka, postaje stvar rutine, dok se koncept rada, posebno sa objektno orjentisanim bazama podataka, bitno razlikuje. Postojanje velikog broja sistema za upravljanje podacima (DBMS), primjenjivih na različitim platformama, uz standardizovan jezik upita (SQL) i podršku razmjeni podataka između različitih DBMS-a dodatno opravdava dalju

dominantnu upotrebu relacionih baza podataka. Ipak, primjetna je tendencija dalje nadogradnje ovih sistema, prije svega sa uvođenjem složenijih tipova podataka, kao i složenih objekata kao što su JSON i XML zapisi. Generalno, može se izvući zaključak da relacioni model podataka, iako naizgled najsloženiji, i dalje predstavlja najlogičnije rješenje za informacione sisteme u malim i srednjim preduzećima.

Objektni model podataka predstavlja model koji na najbolji način oslikava problem upravljanja podacima o proizvodima u preduzeću. Ipak, iako se očekivalo da će objektno orjentisane baze podataka uzeti primat nad relacionim bazama podataka, to se nije desilo. Naime, snažnim razvojem u masovnom upotrebom objektno orjetisanog programiranja, logično je bilo očekivati da će i objektno orjetisane baze podataka prevladavati. Može se reći da je izvorni koncept OOBP danas skoro pa mrtav, tako da je njegova upotreba svedena isključivo na velike i specijalizovane sisteme za prikupljanje podataka, pa je svrsishodnost njihove primjene u MSP u potpunosti neprihvatljiva. Osnovni razlozi slabog prihvatanja primjene OOBP-a ogledaju se činjenicama da su relacione baze široko rasprostranjene i razvijane su godinama, te da ova tehnologija nikada nije zvanično standardizovana. Uska povezanost OOBP i programskih jezika, koja na prvi pogled predstavlja prednost, u praksi se pokazala kao problem kod primjene podataka na različitim platformama i okruženjima (desktop aplikacija, web aplikacije, mobilne aplikacije, PDA uređaji i drugi).

Hibridni model (MMDBMS) predstavlja jedno dobro prelazno rješenje između čisto relacionih baza podataka i zahtjeva za čuvanje i obradu složenih tipova podataka. Skoro svi značajni proizvođači relacionih baza podataka (prvenstveno ORACLE i PostgreSQL) svakom novom verzijom proširuju mogućnosti DBMSa tako da podržavaju sve složenije modele podataka. Ovi elementi hibridnog modela već se danas nalaze inkorporirani u savremene informacione sisteme preduzeća i dostupni su finansijski i operativno čak i za mala i srednja preduzeća. Ovoj model podataka posebno dolazi do izražaja u situacijama kada se pojavljuje velik broj verzija istih podataka, kada je neophodno pratiti izmjene i sljedivost. Stoga je za očekivati u budućnosti sve veću upotrebu hibridnih modela podataka unutar informacionih sistema malih i srednjih preduzeća.

LITERATURA

- [1] J. Stark, JProduct Lifecycle Management (Volume 1): 21st Century Paradigm for Product Realisation (4th ed.). Springer 2020.
- [2] ISO 10303-239:2012. Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 239: Product Life Cycle Support (PLCS).
- [3] Popularity ranking of database management systems. DB Engines [online]. [Accessed 7.12.2025]. Available from: <https://db-engines.com/en/ranking>.

- [4] M. Sorak, M. Dragić. Challenges for the Future – Engineering Management: Supply Chain Management of Small and Medium-Sized Enterprises, Chapter 15. Editors: Hans-Jörg Bullinger and Dieter Spath. Published by: Faculty of Technical Sciences (Novi Sad, Serbia), Fraunhofer IAO(Stuttgart, Germany) and DAAAM International (Vienna, Austria). ISBN 978-3-902734-01-3, 2013.
- [5] S. Borojević, D. Matić, M. Dragić. An Integrated Intelligent CAD/CAPP Platform: Part II-Operation Sequencing Based on Genetic Algorithm. Tehnički vjesnik 29 (5), 2022, pp.1686-1695. <https://doi.org/10.17559/TV-20211012084632>
- [6] G. Wojarnik. “Selection of working database for the genetic algorithm processing data of exchange quotations”. Information Systems in Management. Vol. 5, 2016.
- [7] S. McClure, “Object Databases v.s.Object Relational Databases” , IDC Bulletin #14821E - August 1997.
- [8] A. Torres, R. Galante, M.S. Pimenta, A.J.B. Martins. “Twenty years of object-relational mapping: A survey on patterns, solutions, and their implications on application design”. Information and software technology, 2017, 82: p.1-18.
- [9] M. Macak, M. Stovick, B. Buhnova, M. Merjavy. “How well a multi-model database performs against its single-model variants: Benchmarking orientdb with neo4j and mongodb”. Proceedings of the 2020 Federated Conference on Computer Science and Information Systems. 2020. DOI 10.15439/2020f76.
- [10] C. Zhang, L. Jiaheng, X. Pengfei, Y. Cheng. “Unibench: A benchmark for Multi-model Database Management Systems”. Performance Evaluation and Benchmarking for the Era of Artificial Intelligence. 2019. P. 7–23. DOI 10.1007/978-3-030-11404-6_2.

ABSTRACT

In contemporary business environments—particularly amid accelerated digitalization—the capability for systematic management of information on products and production processes has become pivotal to achieving competitive advantage. For manufacturing small and medium-sized enterprises (SMEs), which operate under constraints in informational, material, and financial resources and under constant pressure to reduce costs and shorten delivery lead times, a clearly structured approach to product data management constitutes a key lever for achieving efficiency, quality, and market flexibility. In this context, the product structure and the corresponding data model are prerequisites for consistent, scalable, and interoperable information management throughout the entire product life cycle (from concept, development, and production to maintenance and recycling). This paper examines different approaches to defining product-structure data, including relational, object-oriented, and hybrid (multi-model) models.

PRODUCT STRUCTURE: A DATA MODEL IN THE CONTEXT OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SMEs)

Miroslav Dragić, Živko Pavlović, David Ištoković