



## ПЕРЗИСТЕНЦИЈА NEW WAVE АЛАТА ЗА УПРАВЉАЊЕ РАДНИМ ТОКОВИМА У РЕЛАЦИОНУ БАЗУ ПОДАТАКА

## THE PERSISTENCE OF THE NEW WAVE WORKFLOW ENGINE IN A RELATIONAL DATABASE

Матија Мијалковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – *Тема овог рада јесте перзистенција NewWave алата за управљање пословним процесима у релациону базу података. С обзиром да је у изради NewWave система коришћен Pharo програмски језик, перзистенција се имплементира уз помоћ Pharo објектно-релационог мапера под називом GLORP (Generic Lightweight Object Relational Persistence), у комбинацији са PostgreSQL базом података. Имплементација самог решења може се поделити на две целине. Прва се односи на перзистенцију модела пословних процеса, док се друга фокусира на перзистенцију појединачних инстанци извршавања пословних процеса.*

**Кључне речи:** *NewWave, Pharo, пословни процеси, релационе базе података, Glorp*

**Abstract** – *The topic of this paper is the persistence of the NewWave tool for managing business processes into a relational database. Given that the Pharo programming language was used to implement the NewWave system, persistence is implemented with the help of the Pharo object-relational mapper called GLORP (Generic Lightweight Object Relational Persistence), in combination with the PostgreSQL database. The implementation of the solution itself can be divided into two parts. The first refers to the persistence of business process models, while the second focuses on the persistence of individual instances of business process execution.*

**Keywords:** *NewWave, Pharo, business processes, relational database, Glorp*

### 1. УВОД

Имајући у виду да су производи и услуге које се нуде на тржишту најчешће резултат обављања одређених пословних процеса, као и то да се све већи број поменутих процеса реализује кроз информационе системе, не чуди да је концепт управљања пословним процесима у фокусу не само стручњака из области менаџмента, већ и оних из области информационих технологија.

Бројне предности, као што су повећана ефикасност и продуктивност, смањење трошкова и унапређење квалитета услуга, главна су мотивација за изучавање и примену ове дисциплине у пословним окружењима.

### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Мирослав Зарић ванр. проф.

Системи за управљање пословним процесима су софтверски алати чија је основна улога пружање платформе за моделовање, аутоматизацију, извршавање и надгледање процеса. Један од кључних фактора за успешно функционисање ових система, као и код већине модерних апликација је перзистенција података. Под перзистенцијом се подразумева дуготрајно чување података, тако да су они доступни и након заустављања апликације у којој су креирани. Да би то било могуће, користе се трајна меморијска складишта (*non-volatile*) и постоји више приступа како се чување у поменутих складиштима имплементира. Један од најпопуларнијих приступа за чување података јесте коришћење релационих (*SQL*) база података. Тема овог рада јесте управо имплементација перзистенције података у релациону базу за већ постојећи систем за управљање пословним процесима под називом *NewWave*.

### 2. ПОСЛОВНИ ПРОЦЕСИ, РЕЛАЦИОНЕ БАЗЕ ПОДАТАКА, PHARO ПРОГРАМСКИ ЈЕЗИК

Крајем прошлог века дошло је до промене фокуса приликом развоја пословних информационих система са података на пословне процесе, што је за последицу имало настанак процесно оријентисаних/свесних информационих система (*process aware information systems*)[1].

*Alter* [2] дефинише информациони систем као посебан тип радног система који користи информационе технологије како би прихватио, преносио, чувао, претраживао, манипулисао и приказивао информације, и на тај начин пружао подршку једном или више радних система.

Уколико је информациони систем свестан постојања процеса и самим тим повезује информациону технологију са пословним процесима, онда се тај систем сматра процесно оријентисаним/свесним. Процес се у овом контексту дефинише као начин да нека организација организује посао и ресурсе (људе, опрему, информације) тако да постигне одређене пословне циљеве [3].

*Weske* [4] дефинише пословни процес као скуп активности које се координисано извршавају у одговарајућем организационом и технолошком окружењу. Извршавањем ових активности постиже се пословни циљ. Сваки пословни процес извршава једна организација, али он може интераговати са пословним процесима других организација.

Управљање пословним процесима не односи се само на репрезентацију пословног процеса већ обухвата и концепте, методе и технике за подршку дизајну, администрацији, конфигурацији, извршавању и анализи пословних процеса [4].

Осим традиционалног, мануелног управљања пословним процесима од стране запослених неке компаније, извршавањем пословних процеса може се управљати и софтверски кроз системе за управљање пословним процесима. Ови системи се дефинишу као генерички софтверски системи који, вођени експлицитном репрезентацијом пословног процеса, обезбеђују његово координисано извршавање [4].

На основу претходних дефиниција може се закључити да је за управљање пословним процесима најважнија експлицитна дефиниција модела пословног процеса којом се обухватају како саме активности процеса, тако и ограничења приликом њиховог извршавања.

Дистинкцију између модела пословног процеса и инстанце пословног процеса *Weske* дефинише на следећи начин: Модел пословног процеса састоји се од скупа модела активности и ограничења за њихово извршавање, док инстанца пословног процеса представља један конкретан случај извршавања дефинисаног модела у пословном окружењу компаније. Инстанца пословног процеса састоји се од инстанци појединачних активности [4].

Радни токови (*Workflow*) су посебна врста пословних процеса у којима постоји интензивна интеракција између корисника и апликације. Коалиција за управљање радним токовима (*Workflow Management Coalition – WfMC*) дефинише радни ток (радни процес) (*Workflow*) као аутоматизацију пословног процеса, делимично или у целости, коришћењем рачунара [5].

Коначно, систем за управљање радним токовима је софтверски систем који у целости дефинише, управља и извршава радне токове коришћењем одговарајућег софтвера чији је редослед извршавање вођен репрезентацијом пословне логике радног тока [5].

База података је организована колекција структурираних података који се складиште електронски. За приступ и управљање овим подацима користе се системи за управљање базама података (*Database management system – DBMS*). Ови системи представљају посредничку компоненту између базе података и крајњих корисника или програма и омогућавају добављање, измену и управљање подацима, то јест њиховом организацијом и оптимизацијом [6].

Најчешће коришћени тип базе података јесте релациона база података, заснована на релационом моделу података. Релациони модел података први је описао британски информатичар *Edgar F. Codd* у раду „*A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*“ [9]. Идеја овог модела јесте та да се подаци организују у форми међусобно повезаних табела, сачињених од редова и колона [7]. Табелама су представљени ентитети или везе између ентитета, редови представљају појаве (инстанце) ентитета или веза, а колонама су представљени њихови атрибути.

Овде треба напоменути да су табеле логичке структуре и да не осликавају физичку организацију података [8].

Најпознатији примери система за управљање релационим базама података (*Relational Database Management System – RDBMS*) су [7]: *Oracle, MySQL, PostgreSQL, MariaDB* итд. У овом раду коришћен је *PostgreSQL RDBMS*.

*PostgreSQL* [10] је моћан систем за управљање базама података, отвореног кода, који користи и проширује *SQL* језик и пружа широк спектар опција за безбедно складиштење података и за скалирање компликованих обрада података.

*Pharo* је чист објектно-оријентисани програмски језик отвореног кода, са динамичком доделом типова који подржава интерактиван приступ програмирању и заснован је на *Smalltalk-80* језику. Настао је 2008. године када се одвојио као посебна грана *Squeak* пројекта (модерне имплементације *Smalltalk-80* програмског језика) [11]. Четири основне компоненте *Pharo* система су: виртуелна машина, слика, фајл са изменама и фајл са изворним кодом.

С обзиром да је *Pharo* окружење објектно, то јест да су све инстанце (појаве) доменских ентитета у форми објеката, а да су са друге стране инстанце (појаве) ентитета у релационим базама у форми редова (торки) у табелама, неопходно је да се пре перзистенције *Pharo* објеката у базу података изврши објектно-релационо мапирање (*Object – Relational Mapping – ORM*).

*Glorp (Generic Lightweight Object Relational Persistence)* је *Pharo* објектно-релациони мапер који подржава широк спектар могућности (управљање трансакцијама, формирање упита ка бази без коришћења *SQL*, писање једноставних и комплексних упита коришћењем *Pharo* синтаксе итд.) којима се поменути проблеми приликом мапирања мање или више редукују [12].

### 3. NEW WAVE

*NewWave* је алат отвореног кода за извршавање радних токова имплементиран у *Pharo* програмском језику. Циљ овог пројекта јесте креирање проширеног система за управљање радним токовима који омогућава лако дефинисање и извршавање пословне логике уз тренутно пружање повратних информација и једноставну интеграцију са већ постојећим решењима [13].

*NewWave* је и даље у фази развоја и тренутно од образаца за контролу тока подржава секвенцијално извршавање, ексклузивно и инклузивно гранање, паралелно гранање и спајање, као и различите типове задатака и догађаја. Структура пројекта је модулarna што значи да се могу користити подскупови доступних функционалности у складу са тренутним потребама. Осим у форми угњеженог система за извршавање радних токова, *NewWave* се може покренути и у форми засебног, самосталног сервиса којем се приступа екстерно [14].

*NewWave* систем подржава следеће типове радних токова [14]:

- Интерактивни радни токови у којима се радни задаци извршавају од стране једног или више корисника којима су додељени
- Делимично или потпуно аутоматизовани радни токови у којима се извршавање додељује некој софтверској компоненти или сервису

Сама имплементација *NewWave* апликације у различитим аспектима ослања се на екстерне пројекте, што не чуди с обзиром да је један од главних фокуса овог пројекта адаптивност и интеграција са већ постојећим библиотекама и алатима из *Pharo* екосистема.

#### 4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И РЕЗУЛТАТИ

*NewWave* пројекат је подељен на више пакета којима су обухваћене класе које припадају истим функционалним целинама. Како је идеја овог рада перзистенција модела пословних процеса и њихових покренутих инстанци на почетку треба одредити које од постојећих *NewWave* класа се заправо користе приликом моделовања и инстанцирања процеса, а које, са друге стране, представљају додатне сервисе и функционалности у систему. Прва фаза имплементације односи се на перзистенцију класа које представљају градивне елементе модела пословних процеса, али и класа које описују пословну (корисничку) организацију. У другој, уједно и финалној, фази имплементације, перзистира се подкуп класа којима се описују покренуте инстанце процеса.

Опис објектно-релационог мапирања за све класе од интереса реализује се кроз систем дескриптора који се имплементира као поткласа *DescriptorSystem* класе. Овај систем садржи скуп метода на основу којих се генеришу *Glorp* метаподаци потребни за перзистенцију доменских објеката. Методе система дескриптора деле се у три групе.

Прву групу чине методе које описују моделе класа (*class models*) кроз опис њихових атрибута и именују се по обрасцу *classModelForSomeClass*.

Друга група обухвата методе којима се описује структура релационе базе кроз опис њених табела (*table models*). Методе из ове групе именују се по обрасцу *tableForTABLENAME*. Трећа, уједно и последња група садржи методе које описују мапирање између класа и табела релационе базе (*descriptors*) и добијају називе пратећи форму *descriptorForSomeClass*.

Класе свих градивних елемената за креирање модела пословних процеса у *NewWave* пројекту наслеђују основну класу *NWElement*, а најзначајније међу њима су *NWNode* (основни градивни елемент пословног процеса, чвор), *NWSequence* (веза између два чвора), *NWDataObject* (доменски објекат произвољне структуре) и *NWProcess* (сам модел пословног процеса). Описивањем њихове перзистенције као и перзистенције њихових поткласа (активности, догађаји, гранања), али и класа које описују корисничку организацију (корисник, група, припадност групи) реализује се део имплементације везан за перзистенцију градивних елемената модела пословних процеса. Комплетирањем ове етапе,

омогућено је да се произвољни модели пословних процеса, након креирања, сачувају у базу података и по потреби из ње читају како би се извршавали или даље модификовали. Међутим, поред перзистенције модела пословних процеса, потребно је перзистирати и појединачне инстанце ових процеса које настају њиховим покретањем. Чувањем покренутих инстанци и њиховог тренутног стања, може се, након читања из базе, наставити извршавање пословног процеса са истог места где је исти био заустављен пре складиштења у базу података.

Извршавањем пословних процеса, у *NewWave* пројекту, руководи посебна група класа под називом *NewWave-Engine*. Понашање свих активности и догађаја дефинише се кроз одговарајуће класе које припадају овој групи, а осим класа за опис понашања, групом *NewWave-Engine* обухваћене су и класе које имплементирају инфраструктуру за покретање и извршавање пословних процеса. Најважнија међу њима, *WaveEngine*, представља сервис за извршавање радних токова и у себи садржи листу инстанци процеса које чекају на извршавање или се већ извршавају. Инстанца процеса, представљена класом *NWProcessHandler*, садржи једну главну јединицу за извршавање радних токова (*NWExecutor*), а може садржати и додатне подизвршиоце (*NWSubExecutor*) у зависности од самог модела пословног процеса. Током извршавања пословног процеса управља класа *NWFlowHandler*, док је инстанца извршавања чвора из модела пословног процеса представљена класом *NWActivation*.

*WaveEngine* сервис и класе које описују понашања елемената пословних процеса, немају стање (*stateless*) па се сходно томе њихови објекти (инстанце) не перзистирају. За остале наведене класе, међутим, треба описати објектно-релационо мапирање кроз одговарајуће методе у систему дескриптора. На тај начин се комплетира и друга, финална фаза имплементације којом се омогућује перзистенција покренутих инстанци пословних процеса.

За демонстрацију имплементираних решења, коришћени су примери пословних процеса који најбоље осликавају тренутне могућности.

Перзистенција модела пословног процеса представљена је на примерима аутоматизованих процеса који комбинују скриптне задатке (*NWScriptTask*) са ексклузивним (*XOR*) и паралелним (*AND*) гранањем.

С друге стране, перзистенција инстанце пословног процеса демонстрирана је на примеру процеса који поред аутоматских садржи и корисничке задатке, а чија основна идеја јесте имплементација поједностављене пословне логике поступка запошљавања. Присуство корисничких задатака, пружа могућност анализе стања покренуте инстанце пре сваког следећег корисничког задатка у радном току, јер се у том тренутку извршавање процеса привремено зауставља и за наставак је потребна корисничка интервенција. Ажурирањем стања инстанце процеса, у бази података, током описаних прекида, обезбеђује се несметан наставак извршавања процеса (из последњег перзистираних стања) чак и у

случају да тренутни сервис за извршавање радних токова престане да постоји. Успешним наставаком претходно заустављене инстанце процеса, унутар новог сервиса за извршавање радних токова (*Wave-Engine*), потврђена је функционалност имплементiranог решења и у погледу перзистенције појединачних покренутих инстанци модела пословних процеса.

## 5. ЗАКЉУЧАК

На почетку овог рада представљени су теоријски концепти на које се ослања имплементација, након чега је уследио опис модела и архитектуре *NewWave* система. У наредним поглављима детаљно је описан ток имплементације читавог решења, као и приказ резултата на примеру неколико одабраних пословних процеса.

На самом крају треба предложити и смернице за даље унапређење тренутног решења. Најзначајније унапређење може се остварити на пољу аутоматизације процеса перзистенције. Наиме, читав опис перзистенције *NewWave* система имплементиран је мануелно креирањем појединачних описа за сваку класу која се перзистира. У случају било какве измене неке од ових класа, неопходна је и промена описа њене перзистенције што може бити заморно и подложно грешкама, или чак попуно занемарено.

Једно од могућих решења јесте генерисање *Glorp* мета-описа перзистенције на основу мета-описа доменских класа, генерисаног коришћењем неког од доступних алата *Pharo* екосистема (нпр. *Magritte* [15]). На овај начин ће се обезбедити конзистенција између тренутног стања доменских класа и описа њиховог објектно-релационог мапирања, а читав поступак перзистенције ће бити аутоматизован и упрошћен.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] M. Dummas, W.M.P. van der Aalst, A.H.M. ter Hofstede, “*Process-Aware Information Systems*”, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005.
- [2] S. Alter, “*Defining information systems as work systems: implications for the IS field*”, *European Journal of Information Systems* 17, 448-469, 2008. <https://doi.org/10.1057/ejis.2008.37> (приступљено у августу 2023.)

- [3] A. Sharp, P. McDermott, “*Workflow Modeling: Tools for Process Improvement and Application Development, Second Edition*”, Artech, 2008.
- [4] M. Weske, “*Business Process Management – Concepts, Languages, Architectures*”, Springer Science & Business Media, Berlin, 2007.
- [5] D. Hollingsworth, “*The Workflow Reference Model*”, Workflow Management Coalition, 1995.
- [6] <https://www.oracle.com/database/what-is-database/> (приступљено у августу 2023.)
- [7] <https://cloud.google.com/learn/what-is-a-relational-database> (приступљено у августу 2023.)
- [8] <https://www.oracle.com/database/what-is-a-relational-database/> (приступљено у августу 2023.)
- [9] E.F. Codd, “*A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*”, *Communications of the ACM, Classics*, 13(6), 377–87, 1970. doi: <https://doi.org/10.1145/362384.362685> (приступљено у септембру 2023.)
- [10] <https://www.postgresql.org/about/> (приступљено у августу 2023.)
- [11] A.P. Black, S. Ducasse, O. Nierstrasz, D. Pollet, D. Cassou, M. Denker, Open Textbook Library, “*Pharo by example*”, Square Bracket Associates, [Kehrsatz] Switzerland, 2009. <https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/314> (приступљено у августу 2023.)
- [12] E. Maringolo, N. Pratt, R. Withney, “*Object-Relational Persistence With Glorp*”, 2018.
- [13] S. Kaplar, M. Zarić, G. Milosavljević, “*NewWave Workflow Engine*”, International Workshop on Smalltalk Technologies, Koln, Germany, 2019.
- [14] S. Kaplar, M. Zarić, S. Ducasse, “*NewWave: Workflow engine*”, *Science of Computer Programming*, Volume 203, 2020.
- [15] <https://github.com/magritte-metamodel/magritte.git> (приступљено у августу 2023.)

### Kratka biografija:



**Матија Мијалковић** рођен је у Пироту 1999. г. Студијски програм Рачунарство и аутоматика на Факултету техничких наука, уписао је 2017. г. Дипломирао је 2021. г., а затим уписао мастер академске студије из исте области.  
контакт: matija.mijalkovic@gmail.com