



University of Zagreb

Faculty of Organization and Informatics

Tomislav Peharda

**PROGRAMMING LANGUAGE FOR  
COMMUNICATION FLOWS SPECIFICATION  
IN MULTI-AGENT SYSTEMS**

DOCTORAL THESIS

Varaždin, 2025



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet organizacije i informatike

Tomislav Peharda

**PROGRAMSKI JEZIK ZA SPECIFIKACIJU  
KOMUNIKACIJSKIH TOKOVA U  
VIŠEAGENTNIM SUSTAVIMA**

DOKTORSKI RAD

Varaždin, 2025.



University of Zagreb

Faculty of Organization and Informatics

Tomislav Peharda

**PROGRAMMING LANGUAGE FOR  
COMMUNICATION FLOWS SPECIFICATION  
IN MULTI-AGENT SYSTEMS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:  
Full Prof. Markus Schatten

Varaždin, 2025



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet organizacije i informatike

Tomislav Peharda

**PROGRAMSKI JEZIK ZA SPECIFIKACIJU  
KOMUNIKACIJSKIH TOKOVA U  
VIŠEAGENTNIM SUSTAVIMA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:  
Prof. dr. sc. Markus Schatten

Varaždin, 2025.

# Abstract

## Abstract in English

Multi-agent systems (MASs) are valuable in performing complex tasks that require autonomy. As the number of agents in such a system increases, more levels of complexity must be addressed to enable coordinated functioning. One of the challenges is the specification of communication flows. Agents exchange messages via communication channels to inform each other about their requests (for data, task execution, or similar) or their current status (whether they are processing or ready to take on a task). Therefore, specifying communication flows is crucial for achieving cohesion between agents. Since agents are autonomous and independent units, traditional design approaches involve implementing communication flows and business logic individually for each agent. This leads to redundant, unstable, less readable, and less extensible code, particularly when agents within a MAS are considered as a whole. A proposed solution to this problem is the construction of a programming language for specifying communication flows, based on process calculus, coupled with the development of a declarative engine. This engine is capable of processing these specifications and coordinating their execution. This programming language allows engineers to define communication flows between agents, ensuring consistency in communication and enabling orchestration within the MAS.

**Keywords.** multi-agent systems, orchestration, intelligent agents

## Abstract in Croatian

Višeagentni sustavi (VAS) korisni su u izvođenju kompleksnih zadataka koji iziskuju autonomnost. Što je broj agenata u nekom sustavu veći, to je veći broj razina kompleksnosti koje je potrebno uzeti u obzir kako bi se omogućilo koordinirano funkcioniranje sustava. Jedan od izazova je i specifikacija komunikacijskih tokova. Agenti razmjenjuju poruke putem komunikacijskih kanala kako bi se međusobno obavijestili o zahtjevima (o podacima, rješavanju zadataka, ili slično) ili pak njihovom statusu (izvršavaju li trenutno neki zadatak, ili su slobodni za novi zadatak). Stoga je specifikacija komunikacijskih tokova važna za ostvarenje kohezije u radu agenata. S obzirom da su agenti autonomne i nezavisne jedinice, tradicionalni pristupi implementaciji komunikacijskih tokova i poslovne logike implementiraju iste za svakog agenta zasebno. To dovodi do redundantnosti kôda, nestabilnosti, smanjene čitljivosti te slabe proširivosti, posebice kada se agenti u višeagentnom sustavu promatraju kao cjelina. Predloženo rješenje za ovaj problem jest u razvoju programskog jezika za specifikaciju komunikacijskih tokova baziranom na procesnom računu te razvoju deklarativnog stroja. Deklarativni stroj zaslužan je za procesuiranje specifikacija te koordinaciju njihovog izvršavanja. Programski jezik omogućuje da inženjer specificira komunikacije tokove među agentima što rezultira konzistentnost u komunikaciji.

---

te mogućnost orkestracije agenata u VAS-u.

**Ključne riječi.** višeagentni sustavi, orkestracija, inteligentni agenti