

# Resum

Actualment hi ha una creixent demanda de sistemes flexibles, adaptables i amb gran escalabilitat per donar suport a les interaccions de persones i institucions distribuïdes en entorns heterogenis. Això es deu principalment a l'increment en la necessitat de treball col·laboratiu i la descentralització dels processos en molts dominis d'aplicació. En general, aquestes aplicacions de programari han de seguir legislacions i normatives específiques, és a dir, les entitats que participen en el sistema tenen drets, deures i restriccions específiques. Igual que en altres treballs de l'àrea, en aquesta tesi s'utilitza el terme *sistemes normatius oberts* per referir-se als sistemes d'aquest tipus. El desenvolupament de sistemes normatius oberts pot produir importants beneficis per a les companyies que els facin servir, ja que permeten la comunicació d'institucions, entitats heterogènies i diferents dispositius per tal d'aconseguir tant els objectius globals del sistema com els individuals de cada institució i entitat. No obstant això, també hi ha algunes qüestions importants que potencialment poden complicar l'anàlisi, disseny i implementació d'aquests sistemes. La majoria d'aquests problemes estan relacionats amb la interoperabilitat dels seus processos, la privacitat, la combinació dels objectius individuals i la combinació de les restriccions i la legislació de cadascuna de les entitats del sistema. Per tant, és necessari l'ús de mètodes d'enginyeria del programari i eines de desenvolupament per fer front a aquests problemes i guiar els desenvolupadors durant el procés de desenvolupament.

La tecnologia basada en sistemes multiagent (SMA) és considerada una bona candidata per al desenvolupament de sistemes normatius oberts. Durant els últims anys, l'ús de les tecnologies SMA s'ha incrementat no només en l'àmbit acadèmic, sinó també en el desenvolupament i implementació d'aplicacions industrials. Els SMA s'han establert com un paradigma de l'enginyeria de programari per a la creació de sistemes adaptatius complexos, en entorns distribuïts i heterogenis.

Aquesta tesi es centra en l'anàlisi i disseny de sistemes normatius oberts utilitzant la tecnologia SMA. Algunes metodologies SMA es dediquen al desenvolupament de sistemes d'aquest tipus. No obstant això, després d'analitzar en quina mesura les metodologies SMA actuals suporten l'anàlisi i el disseny d'aquests sistemes, podem concloure que encara hi ha importants problemes a resoldre en aquesta àrea. Alguns d'aquests problemes són la integració del context normatiu del sistema durant el procés de desenvolupament, la manca de directrius per identificar i formalitzar aquest context normatiu, la manca de tècniques de validació i verificació que garanteixin la coherència del disseny final respecte als requisits del sistema, la coherència entre els objectius individuals, i la coherència de les restriccions de cada entitat respecte al context normatiu del sistema global.

La principal aportació d'aquesta tesi és una nova metodologia SMA anomenada ROMAS (Sistemes Multiagent Regulats i Oberts), que se centra en l'anàlisi i disseny de processos per al desenvolupament de sistemes multiagent organitzacionals, on els agents interactuen per mitjà de serveis estàndards, i on les relacions socials i contractuals es formalitzen mitjançant normes i contractes. La metodologia ROMAS defineix un procés de desenvolupament orientat a agents i proporciona guies específiques per identificar i formalitzar el marc normatiu del sistema, així com les comunicacions i els intercanvis de serveis i recursos. ROMAS especifica tant el comportament global del sistema com les característiques individuals de cada entitat.

En la metodologia ROMAS, *agents*, *rols* i *organitzacions* es defineixen a través d'una estructura social formal basada en un arquitectura orientada a serveis. Aquí, les organitzacions representen un conjunt de persones i institucions que han de coordinar recursos i serveis a través de fronteres institucionals. En aquest context, els agents representen les parts individuals que assumeixen rols en el sistema, dins d'una organització (per exemple, una empresa), que poden oferir i consumir serveis com a part de les funcions que desenvolupen.

Les *normes* defineixen permisos, obligacions i prohibicions que restringeixen el comportament de les entitats del sistema. Els *contractes* s'utilitzen per formalitzar les relacions entre les entitats. En el nostre enfocament, podem diferenciar entre dos tipus de contractes: *acords contractuals* i *contractes socials*.

Aquesta tesi també presenta una eina de modelatge per al desenvolupament dels sistemes normatius oberts dissenyats utilitzant la metodologia ROMAS. Aquesta eina de modelatge integra tècniques de model checking que permeten la verificació de la coherència del marc normatiu d'un sistema, és a dir, la coherència entre les restriccions i compromisos de cada entitat i l'especificació global del sistema.

Finalment, per tal d'avaluar la qualitat i usabilitat de la nostra proposta, hem analitzat fins a quin punt la metodologia ROMAS suporta l'anàlisi i disseny de sistemes normatius oberts. A més, hem dut a terme una avaluació empírica de l'aplicabilitat de la metodologia i les eines ROMAS mitjançant l'anàlisi i disseny de casos d'estudi de diferents àmbits (salut, comerç electrònic i fabricació). El disseny d'aquests casos d'estudi ha estat útil per avaluar les diferents dimensions i usos de la metodologia ROMAS.