



**Vilnius
University**

**DUOMENŲ MOKSLO IR SKAITMENINIŲ
TECHNOLOGIJŲ INSTITUTAS**

Vaidas Jusevičius

2020/2021 mokslo metų rezultatai

Ataskaitinė konferencija, 2021 kovo 26 d.

Doktorantūra

- Tema: *Atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalbų sistemos kūrimas ir tyrimas*
- Vadovas: prof. dr. Remigijus Paulavičius
- Mokslo kryptis: Informatikos (N009)
- Studijų pradžia: 2017
- Studijų pabaiga: 2021
- Studijų metai: IV (2020/2021)

Tyrimo objektas ir tikslai

- **Tyrimo objektas:** atvirojo kodo optimizavimo sistemos, algebrinės modeliavimo kalbos.
- **Tikslai:**
 - pasiūlyti naują universalios algebrinės modeliavimo kalbos, išnaudojančios egzistuojančių modeliavimo kalbų geriausias savybes, konceptą/prototipą;
 - Web aplinkoje realizuoti atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalbų sistemą;
 - ištirti sukurtos universalios algebrinės modeliavimo kalbos bei sistemos savybes ir įvertinti pirmosios tokios Web sistemos potencialą.

Uždaviniai

- Apžvelgti ir palyginti skirtingas algebrinio modeliavimo kalbas, iširti jų efektyvumą bei modelių supaprastinimo strategijos palaikymą
- Susisteminti egzistuojančių modeliavimo kalbų ir optimizavimo sistemų charakteristikas: naudojama modeliavimo kalba, įrankių (solverių) palaikymas ir kt.
- Identifikuoti savybes, kuriomis turi pasižymėti kuriama universali atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalba ir ją palaikanti sistema
- Parengti atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalbų sistemos architektūrinį modelį
- Realizuoti atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalbų sistemą
- Iširti sukurtos universalios algebrinės modeliavimo kalbos bei sistemos savybes ir įvertinti pirmosios tokios Web sistemos potencialą

Studijų planas

Studijų metai	Egzaminai		Dalyvavimas konferencijose		Publikacijos		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Būklė
I (2017/2018)	1	1					
II (2018/2019)	3	2					
III (2019/2020)		1	1	1	1		
IV (2020/2021)			1		1	1	Publikuota

Einamieji studijų metai

Egzaminai		Dalyvavimas konferencijose		Publikacijos	
Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta
		EURO 2021 Athens, 31st European Conference on Operational Research	Vyks 2021 m. Liepos 11 - 13 d.	Žurnalas turintis cituojamumo rodiklį (IF) bei patenkan- tis į Clarivate Analytics Web Of Science duomenų ba- zę. Prioritetas (Q1/Q2) lygio žurnalai.	INFORMATICA, DOI: https://doi.org/10.15388/21-INFOR447

Disertacijos rengimo etapai (1)

1.	Mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalga ir analizė (Lietuvoje ir užsienyje): 1.1. Apžvelgti egzistuojančias (atvirojo-kodo) globaliojo optimizavimo sistemas. 1.2. Apžvelgti egzistuojančius apsimokančius algoritmus, skirtus (globaliojo) optimizavimo uždavinio sprendimo strategijos parinkimui.	2018 m. spalio	Atlikta
2.	Mokslinio tyrimo vykdymas:		
	2.1. Tyrimo metodikos sudarymas: 2.1.1. Atlikti lyginamąją eksperimentinę globaliojo optimizavimo sistemų analizę. 2.1.2. Identifikuoti egzistuojančių (atvirojo-kodo) globaliojo optimizavimo sistemų trūkumus. 2.1.3. Numatyti galimas globaliojo optimizavimo sistemų tobulinimo kryptis ir būdus.	2019 m. spalio	Atlikta
	2.2. Teorinis tyrimas: 2.2.1. Apžvelgti egzistuojančių globaliojo optimizavimo sistemų tobulinimų įgyvendinamumą ir apibrėžti jų realizaciją. 2.2.2. Apžvelgti egzistuojančius apsimokančius algoritmus, skirtus optimizavimo uždavinio sprendimo strategijos parinkimui. Nustatyti algoritmus tinkamus taikyti kuriamoje globaliojo optimizavimo sistemoje. 2.2.3. Parengti atvirojo kodo globaliojo optimizavimo sistemos specifikaciją.	2019 m. spalio	Atlikta

Disertacijos rengimo etapai (2)

	2.3. Empirinis tyrimas: 2.3.1. Sukurti globaliojo optimizavimo sistemos, realizuojančios teorinio tyrimo metu parengtą sistemos specifikaciją, prototipą. 2.3.2. Eksperimentiškai ištirti realizuotos sistemos funkcines savybes ir palyginti su egzistuojančiomis sistemomis.	2020 m. spalio	Vykdoma. Planuojama 2021 m. birželis
3.	Atskirų daktaro disertacijos dalių (tyrimo metodikos, rezultatų, ginamų teiginių, išvadų, ir kt.) parengimas: 3.1. Apibendrinimo paremto gautais tyrimų rezultatais parengimas.	2021 m. birželis	Planuojama 2021 m. rugsėjis
4.	Daktaro disertacijos parengimas ir svarstymas padalinyje	2021 m. birželis	Planuojama 2021 m. rugsėjis
5.	Daktaro disertacijos gynimas	2021 m. rugsėjis	Planuojama 2022 m. pavasaris



Gauti moksliniai rezultatai

Per pusmetį gauti rezultatai

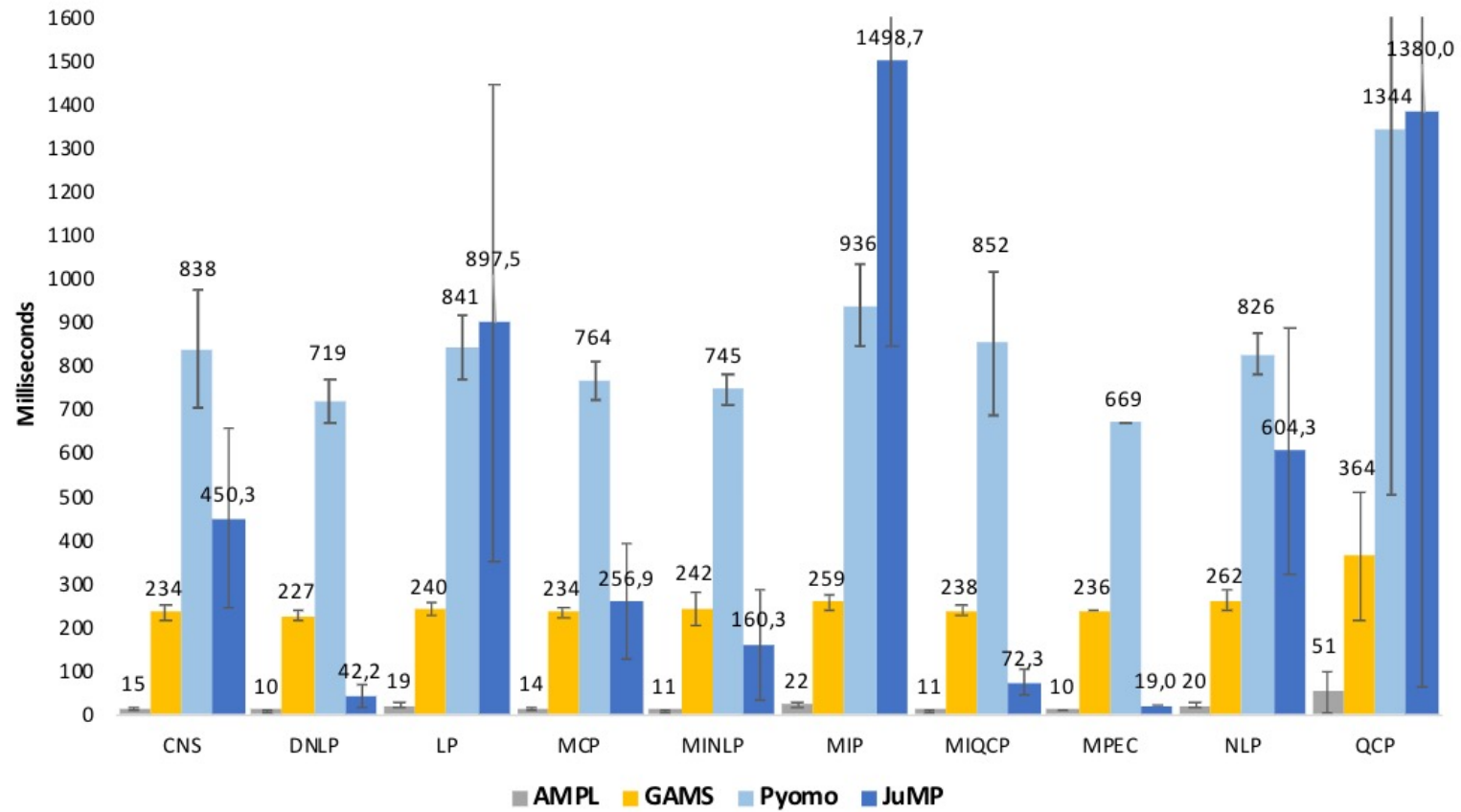
- Identifikuotos ir argumentuotos savybės, kuriomis turi pasižymėti kuriama universali atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalba ir sistema
- Parengtas atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalbų sistemos architektūrinis modelis
- Suprojektuota Web aplinkoje veikianti atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalbų sistemos vartotojo sąsaja
- INFORMATICA žurnale publikuotas straipsnis: "Experimental analysis of algebraic modeling languages for mathematical optimization"

Identifikuoti trūkumai

- AML sintaksės mokėjimas norint apsirašyti modelį;
- Nesuderinamumas (ribotas suderinamumas) tarp skirtingų AML;
- Skirtingas *solverių* palaikymas priklausomai nuo AML;
- Skirtingas optimizavimo uždavinių tipų palaikymas;
- Skirtinga sparta ir funkcionalumas;

Visa tai reikalauja daug žinių ir dažniausiai nėra vieno geriausio pasirinkimo vartotojui

Sparta



Vidutinis modelio užkrovimo laikas

Solverių palaikymas

Feature		AIMMS	AMPL	GAMS	JuMP	Pyomo
Modeling	Independent	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Scripting	Yes	Limited	Limited	Yes	Yes
Data	Input	Yes	Limited	Limited	Yes	Yes
	Manipulation	Yes	No	No	Yes	Yes
Solvers	Total	13	47	35	14	25
	Global	1	4	9	2	1
	LP	8	17	21	9	10
	MCP	2	1	5	1	1
	MINLP	3	6	15	3	6
	MIP	5	14	16	6	8
	MIQCP	5	5	20	3	4
	NLP	6	19	17	7	10
	QCP	6	9	21	6	6
Presolving		Yes	Yes	No	No	No
Visualization		Yes	No	No	No	No
License	General	Paid	Paid	Paid	Free	Free
	Academic	Paid	Free	Free	Free	Free

Funkcionalumas

- Tik kelios AML turi *presolving* galimybes

AMPL presolve impact with Gurobi presolve off

	Iteration-wise	Time-wise	Iteration-wise (%)	Time-wise (%)
Positive	33	44	54.10%	72.13%
Neutral	10	0	16.39%	0.00%
Negative	18	17	29.51%	27.87%

- Lygiagretinimo palaikymas eksperimentinėje stadijoje

	AMPL	GAMS	JuMP	Pyomo
Lygiagretus scenarijų sprendimas	Parampl	GUSS/GRID	StructJuMP	Pyro/PH
Lygiagretus modelio kūrimas	PSMG	.stage/GDX	StructJuMP	-



Siūlomas problemos sprendimas

Universalus AML įrankis

- Web technologijų pagrindu kuriama sistema
- Modelio apibrėžimui nereikia mokėti jokios specifinės modeliavimo kalbos
- Įrankio viduje automatiškai išnaudojamos geriausios AML savybės
- Numatyta galimybė įgalinti presolving'ą
 - Aktualu kai to neturi solver'iai
- Numatyta galimybė palaikyti lygiagrečių modelių parengimą
 - Aktualu kai modeliai ypač dideli
- Tai pirmoji universalios optimizavimo įrankių sistemos dalis, su galimybe plėsti:
 - Pvz. pagal modelio tipą automatiškai parinkti visus tinkančius solverius



Įrankio prototipo projektiniai sprendimai

Vartotojo sąsaja

Minimize

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m \text{ and } j = 1, 2, \dots, n.$$

Web AML
https://web-aml.mii.lt

Web AML

- Scalar
- Set
- Table
- Parameter
- Variable
- Constraint
- Objective

Model 1 | Model 2 | Model 3

Sets

ORIG = ["Seattle", "San-Diego"]

DEST = ["New-York", "Chicago", "Topeka"]

Parameters

supply [1:length(ORIG)]	Seattle	350	New-York	325	
demand [1:length(DEST)]	San-Diego	600	Chicago	300	
F = 90			Topeka	275	

cost_f = [F * cost[i,j] / 1000 for i in 1:length(ORIG), j in 1:length(DEST)]

Tables

	New-York	Chicago	Topeka
Seattle	2.5	1.7	1.8
San-Diego	2.5	1.8	1.4

Variables

trans[1:length(ORIG), 1:length(DEST)] >= 0

Constraints

sum(trans[i, j] for j in 1:length(DEST)) <= supply[i]

sum(trans[i, j] for i in 1:length(ORIG)) >= demand[j]

Objective

sum(cost_f[i, j] * trans[i, j] for i in 1:length(ORIG), j in 1:length(DEST))

Solve

AML

GAMS

AMPL

Pyomo

Solver

CPLEX

BARON

Features

Presolve

Parallelize

Solve

Transportation model solution:

.....

.....

.....

.....

.....

Name: MIN

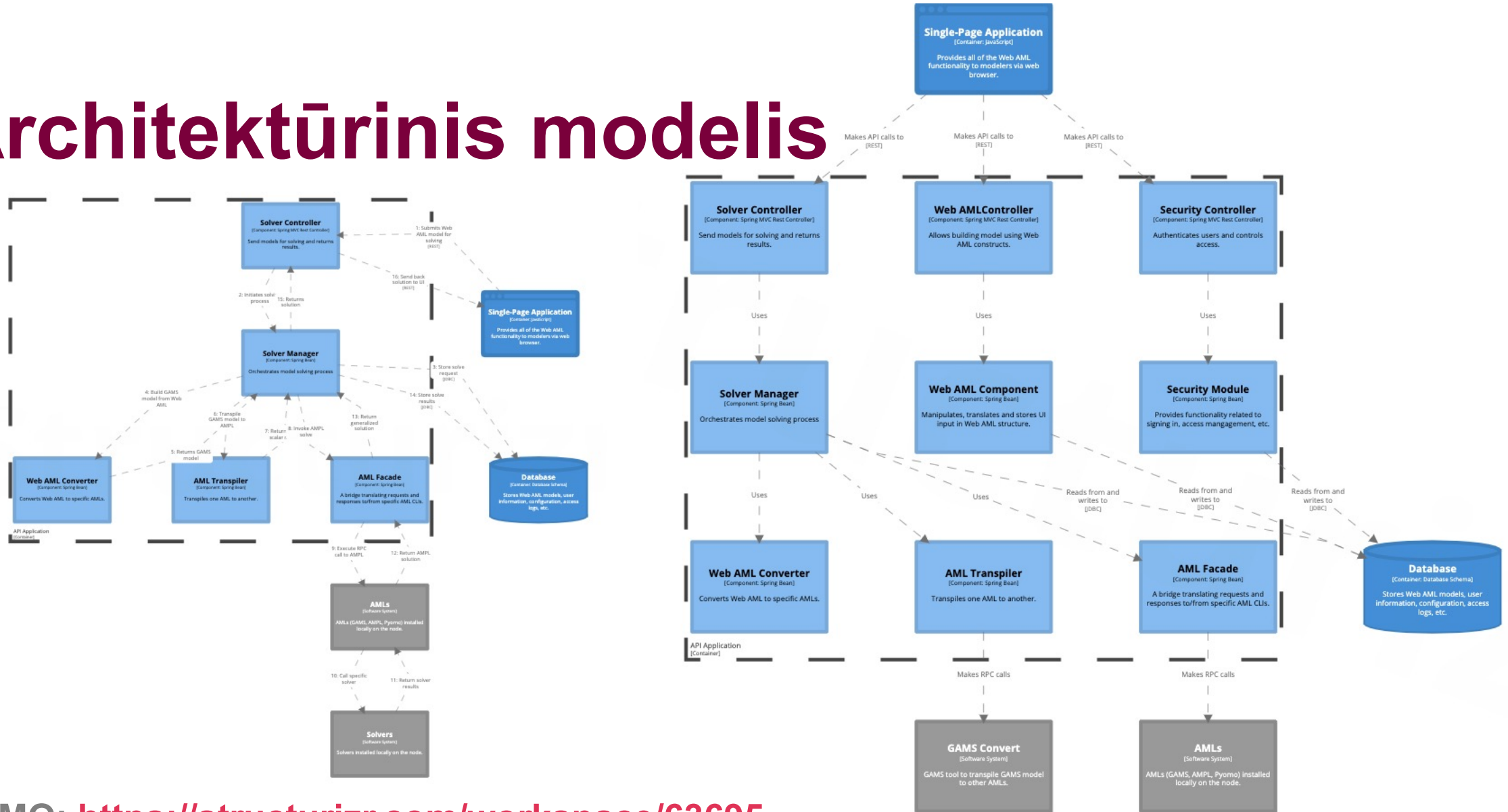
Direction: Minimize

Value: sum(cost_f[i, j] * trans[i, j] for i in 1:length(ORIG), j in 1:length(DEST))

Description: Determine an optimal transportation scheme subject to the specified supply and demand constraints

Add

Architektūrinis modelis



DEMO: <https://structurizr.com/workspace/63695>

Kito pusmečio darbo planas

- Pabaigti Web aplinkoje realizuoti atvirojo kodo algebrinių modeliavimo kalbų sistemą
- Iširti sukurtos universalios algebrinės modeliavimo kalbos bei sistemos savybes ir įvertinti pirmosios tokios Web sistemos potencialą
- Pristatyti rezultatus tarptautinėje mokslinėje konferencijoje
- Įteikti mokslinį straipsnį leidinyje turinčiame cituojamumo rodiklį “ISI Web of Science”
- Parengti pirminę disertacijos versiją