



Vilniaus Universitetas,

Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas



# PROGRAMŲ SISTEMŲ DINAMINĖS INTEGRACIJOS TAIKANT AUTONOMINIO SKAIČIAVIMO TECHNOLOGIJAS TYRIMAS

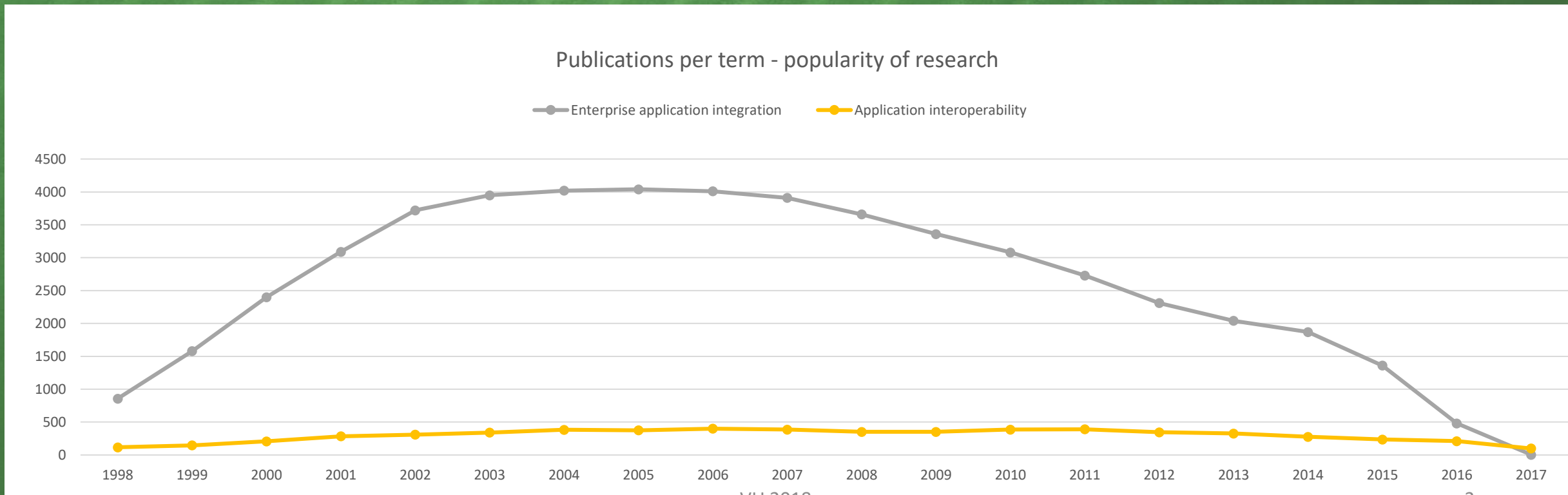
Dokt. Andrius Valatavičius  
Vadovas: prof, dr Saulius Gudas

# Turinys

- Tyrimų sritis
- Darbo aktualumas
- Darbo tikslas ir uždaviniai
- Mokslinis naujumas
- Rezultatai ir disertacijos struktūra
- MDA požiūris ir organizacijų architektūros karkasų taikymas
- Taikomųjų programų integracijos ir sąveikumo galimybės kiekybinio įvertinimo metodas
- Eksperimentas ir rezultatai

# Tyrimų sritis

- Informacijos (veiklos duomenų) mainai tarp taikomųjų programų dinaminėje verslo veiklos aplinkoje. Ši taikomųjų programų taikomųjų programų tyrimo sritis yra vadinama taikomųjų programų sąveikumu (angl. interoperability).



# Tyrimų sritis, mokslinė problema

Problema yra tai, kad duomenų mainai tarp skirtingų gamintojų taikomųjų programų nėra praktiškai užtikrinami nors yra rekomendacijos [AE Walsh 2002, Papazoglou 2008].

- Verslo organizacijose naudojama daug programų taikomųjų programų, kurios:
  - Yra sudėtingos
  - Susideda iš posistemių programinės įrangos
  - Turi heterogeninių duomenų
  - Nėra iš anksto pritaikytos mainytis duomenimis
  - Tinklo servisų architektūra sukurta nesilaikant rekomendacijų.
- **Tyrimo objektas** – duomenų ir funkcijų mainai tarp skirtingų gamintojų programų taikomųjų programų, kurios aptarnauja veiklos procesus.



Creative commons

# Darbo Aktualumas

- Esami sprendimai įvertina:
  - Fizinės galimybes įgyvendinti integracijos ar sąveikumo sprendimus
  - Įvertina galimybes perduoti signalą per aparatinę įrangą (serveriai, kompiuteriai, tinklo plokštės);
  - Įvertina galimybes perduoti signalą per programinę įrangą (tinklo plokščių varikliai, operacinės sistemos, duomenų perdavimo ir kodavimo protokolai)
- Nevertina:
  - Taikomųjų programų sistemų architektūros sąryšio su veiklos procesais
  - Taikomųjų programų sistemų duomenų struktūros įtakos sąveikumo sprendimams
  - Giluminio žinių poreikio integracijos ir sąveikumo sprendimų kūrime
- Siūloma:

Organizacijų taikomųjų programų integracijos ir sąveikumo galimybes vertinti naudojant organizacijų veiklos architektūros karkasus (angl. Enterprise Architecture Frameworks), kurie atvaizduoja veiklos procesų sąryšius su taikomųjų programų architektūra

# Tikslas ir uždaviniai

- **Darbo tikslas** – sukurti taikomųjų programų sąveikumo principus ir automatizavimo metodą, kuris grindžiamas veiklos priežastinių ryšių analize ir jų sąveikos su programų struktūra modeliavimu.
- **Darbo uždaviniai tikslui realizuoti:**
  1. Išanalizuoti taikomųjų programų sąveikumo sprendimams naudojamų metodų ir technologijų privalumus ir trūkumus.
  2. Išanalizuoti esamus taikomųjų programų sąveikumo kokybinio ir kiekybinio įvertinimo metodus.
  3. Sukurti taikomųjų programų sąveikumo kiekybinio įvertinimo metodą ir sprendimą grindžiamą autonominio skaičiavimo technologija.
  4. Sukurti taikomųjų programų sąveikumo įvertinimo sistemos prototipą ir atlikti eksperimentinį tyrimą.

# Mokslinis naujumas

- Taikomųjų programų sąveikumo analizė atlikta taikant MDA požiūrį ir EA projektavimo metodus (ArchiMate kalbos karkasą), kurie leido identifikuoti sąryšius tarp veiklos procesų ir taikomųjų programų komponentų.
- Sukurtas taikomųjų programų sąveikumo galimybių kiekybinio įvertinimo metodas, kuris panaudoja autonominio skaičiavimo metodus ir teksto analizės metodus įvertinant sąveikumą.
- Pritaikyta autonominio skaičiavimo technologija realizuojant sąveikumo įvertinimo metodą.

# Pagrindiniai autoriai dirbantys sąveikumo tema

- Mark Kasunic
  - Kasunic, M., 2001. *Measuring systems interoperability: Challenges and opportunities*. Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Software Engineering Inst.
- David Chen
  - Chen, D., Doumeingts, G. and Vernadat, F., 2008. Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in industry*, 59(7), pp.647-659.
  - Chen, D., 2006, June. Enterprise Interoperability Framework. In *EMOI-INTEROP*.
- Jeff Kephart
  - Kephart, J.O. and Chess, D.M., 2003. The vision of autonomic computing. *Computer*, (1), pp.41-50.



# Modifikuota MDA schema

Modifikuota MDA schema – ji pagrindžia „domeno sąveikų gilumines žinias“ ir veiklos procesų atvaizdavimą į programų architektūrą.

ArchiMate šiuo atveju yra tik vienas iš galimų karkasų (yra dar MODAF, DODAF, UAF)

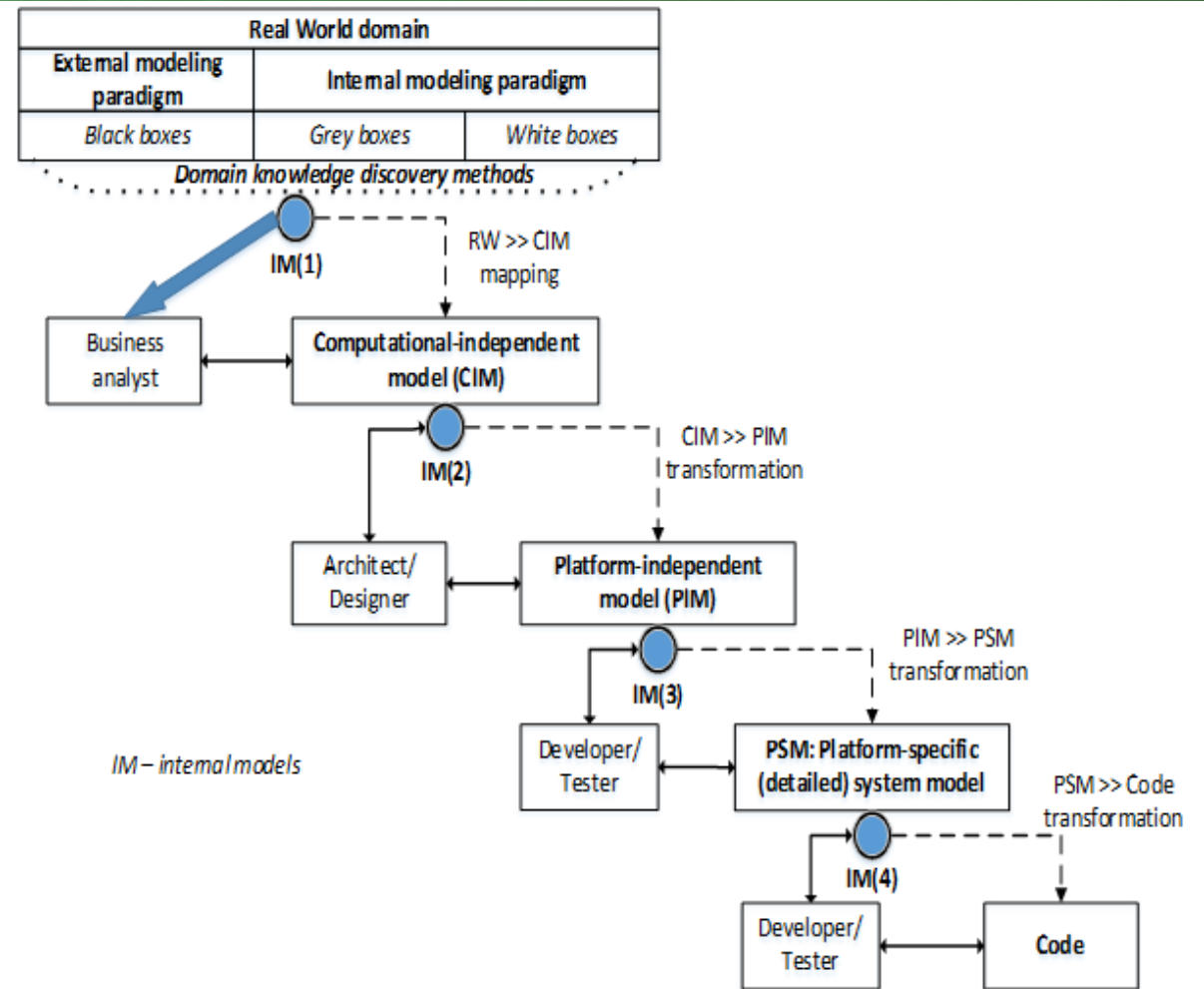
RW knowledge discovery layer

CIM layer

PIM layer

PSM layer

Software layer



# IBM autonominių skaičiavimų metodologija

Autonominio skaičiavimo technologija sukurta įmonės IBM. Šios technologijos viziją aprašė Jeff Kephart (2003 m.).

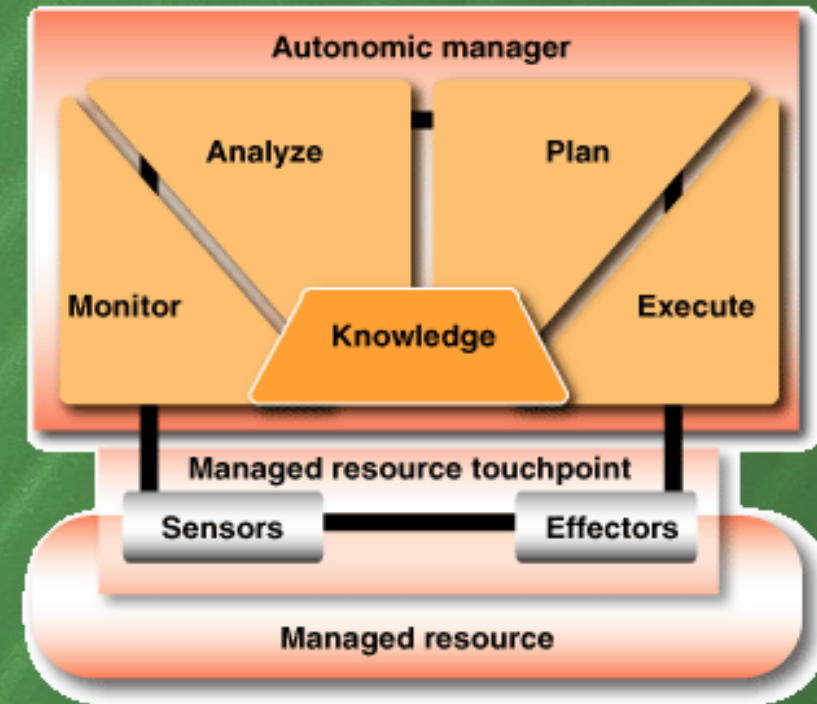
Autonominio skaičiavimo metodologija susideda iš šių komponentų:

- Sąsajų (angl. Touchpoints)
- Žinių šaltinių
- Autonominių valdiklių (angl. autonomic managers)
- Valdomų išteklių (angl. managed resource)

Teigiama jog autonominių skaičiavimų technologija turi 4 pagrindines ir kelias šalutines savybes.

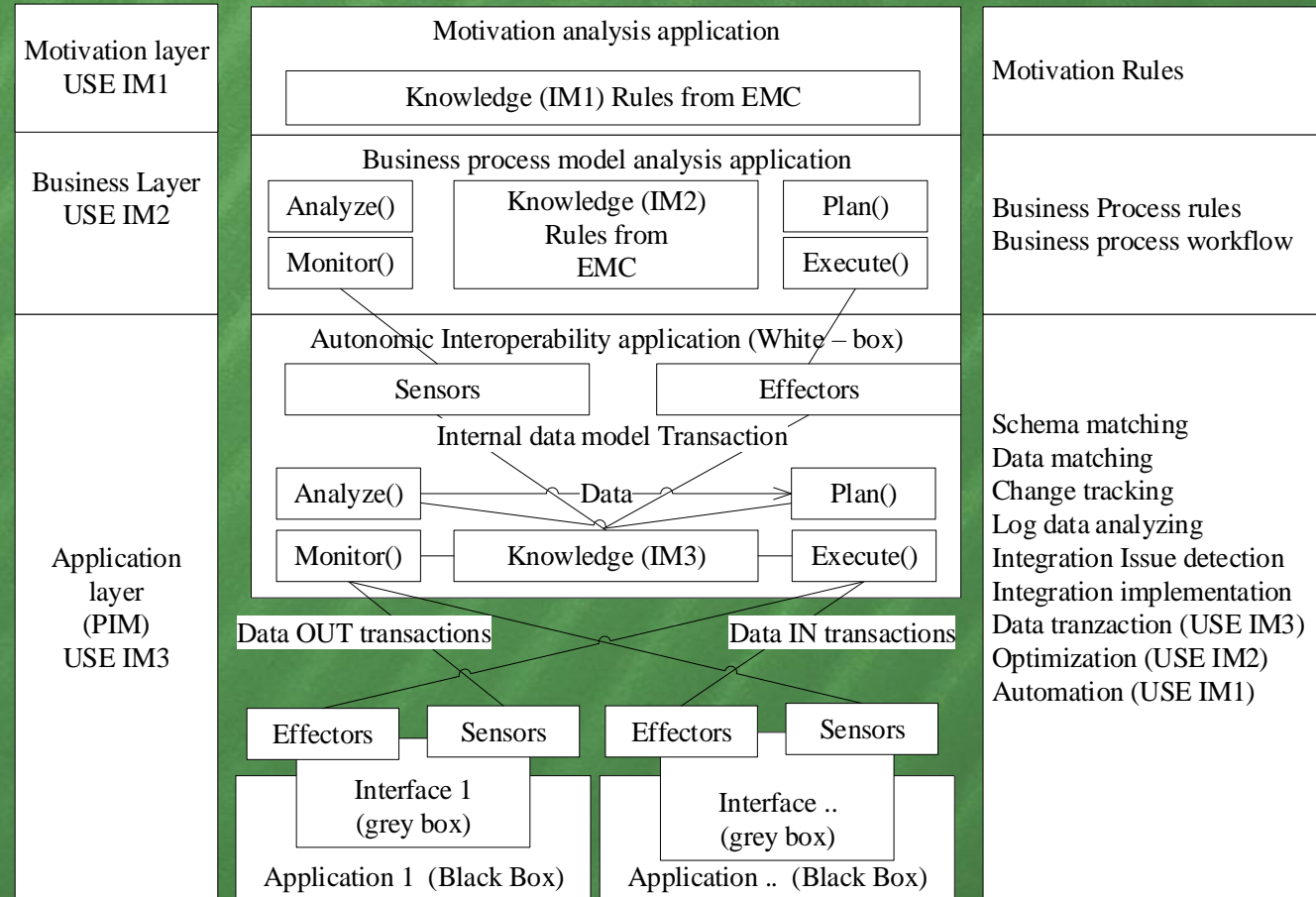
Pagrindinės savybės susideda iš:

- Savistabos (angl. self-monitoring)
- Susikonfigūravimo (angl. self configuring)
- Pasitaisymo (angl. self-repairing)
- Savisaugos (angl. self-healing)

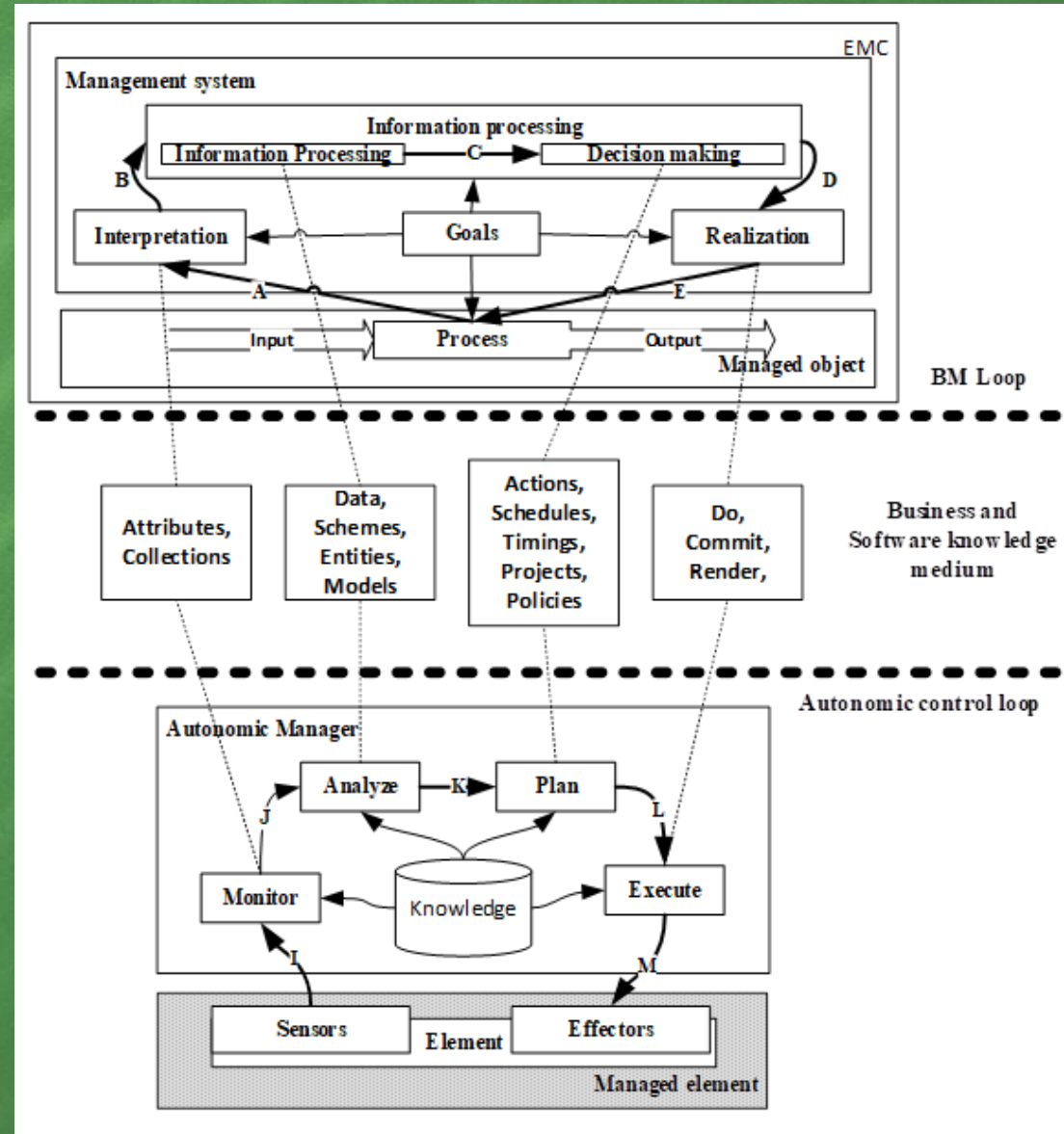


Paveikslas 7. IBM Autonominio skaičiavimo komponento architektūra [Jacob 2004]

# Modifikuota MDA + Autonominio skaičiavimo technologijos architektūra



# MDA požiūris ir organizacijų architektūros karkasų taikymas



# Žinomų metodų analizė

Išanalizuoti veiklos programinės įrangos integracijos ir sąveikumo sprendimai pagal autonomiškumo lygį, kur:

- R – rankinis, sprendimai kuriami ir projektuojami visiškai rankiniu būdu
- D – dalinai automatizuoti, sprendimai kuriami ir projektuojami su sprendimų parėmimo, grafine vartotojo sąsaja, ar kitokiais architektūriniais sprendimais siekiant palengvinti integruotojo darbą.
- A – pilnai automatizuoti sprendimai, kai automatizuojamas pats procesas, dažniausiai nagrinėtoje literatūroje iš anksto žinant sąveikių sistemų duomenų struktūrą, ir numatant galimus jos pokyčius.

Nagrinėtoje literatūroje nepasitaikė rasti idėjų, darbų, pilnai siekiančių rasti sąveikumo sprendimus tarp sistemų.

Lentelė 1. Žinomi veiklos programinės įrangos integracijos sprendimai.

		Sprendimo metodologija (sudėtingumo lygiai)					
Problema		1	2	3	4	5	
Žinomos integracijos problemos	Duomenų šaltinių pokyčių aptikimas	R	R	R	R	R	
	Duomenų struktūros pokyčių aptikimas	R	R	R	D	D	
	Dinaminės sistemos (keičiasi duomenų struktūros)	R	R	R	R	R	
	Savybės/Objekto atpažinimas	R	D	A	A	A	
	Domenų mėginiai	R					
	Duomenų heterogeniškumas	R	D	A	A	A	
	Integracijos testavimas	R	A	D	D	D	
	Duomenų įvedimas apribotas	R	D	A	A	A	
	CRUD (Kurti/ Skaityti/ Atnaujinti/Trinti) funkcionalumas	R	D	D	D	D	
	Tikslais grindžiama architektūra	R	R	D	D	D	
Žinomos technologinės galimybės	Autonominis subrendimo indeksai	R	R	D	D	D	
	Sprendimo priežiūra nepriklausoma nuo darbuotojų	-	-	A	A	D	
	Autonominės galimybės	Savęs redagavimo galimybė	-	-	D	D	D
		Sveikimo / Pasitaisymo galimybė	-	-	D	D	D
		Optimizacijos galimybė	-	-	D	D	D
Savisaugos galimybė		-	-	D	D	D	

# Programinė aplinka

Tyrimai atlikti:

- Windows 10 Home edition aplinkoje
- CPU: Intel® Core™ i7-4770S CPU @3.10GH
- RAM 16 GB
- Naudotos sistemos:
  - Microsoft SQL Server,
  - Microsoft Visual Studio,
  - PosrgreSQL
- Sistema parašyta .NET c# ir R kalbomis

# Žinomų sąveikumo metodų apibendrinimas

- Pagrindiniai žinomų metodų trūkumai:
- Sprendimai nesprenžia poveikių dinaminėje aplinkoje, kai keičiasi veiklos procesai ar taikomosios programos.
- Žinomi sprendimai apibrėžia sistemų sąveikumo vertinimą paviršutiniškai, nesigilina į sistemų duomenų architektūrinius skirtumus, tas išsprenžiama rankiniu būdu.
- Žinomi metodai nesiremia veiklos procesų modelių analize taikant sąveikumo sprenimus.
  
- Nepasitaikė rasti darbų siekiančių rasti **pilnai automatinius** programų sistemų sąveikumo sprendimus
- Autorinio metodo pagrindinė idėja yra sukurti metodą, kuris
  - a) automatiškai įvertina skirtingų programų sistemų sąveikumo galimybes (suskaičiuoja tam tikrus sąveikumo indeksus, koeficientus);
  - b) atsižvelgiant į gautus sąveikumo galimybės įvertinimus, atrenkamos taikomųjų programų poros,

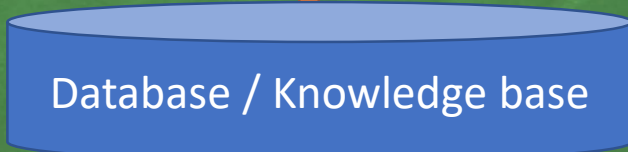
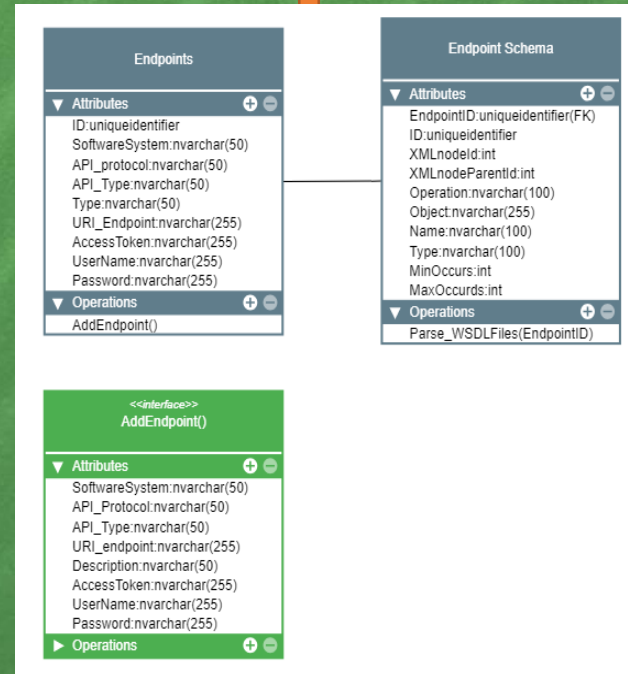
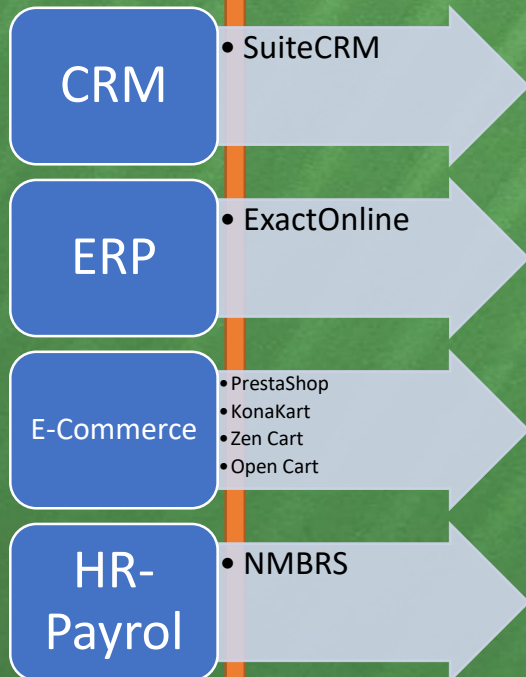
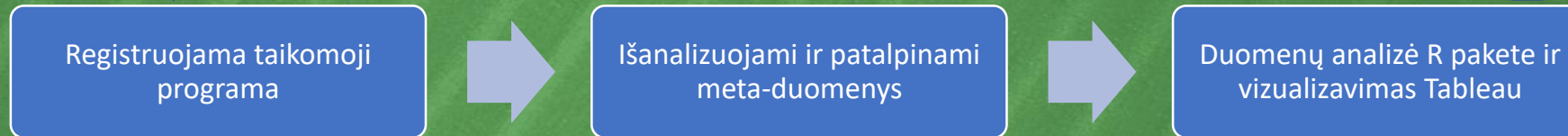
# Autorinio metodo principai

Pagrindinė idėja yra sukurti metodą, kuris

- a) automatiškai išanalizuoja skirtingų programų sistemų (sintaksinius ir semantinius) panašumus ir kiekybiškai įvertina sąveikumo galimybes (suskaičiuoja tam tikrus sąveikumo indeksus, koeficientus);
- b) atsižvelgiant į gautus sąveikumo galimybės įvertinimus (ir sintaksinio ir semantinio panašumo savybes), atrenkamos taikomųjų programų poros,
- c) atliekamas (žmogaus darbas) skirtingų programų sistemų specifikacijų integravimas (t.y. sąveikumo užtikrinimo darbas)



# Sukurto autorinio metodo ir technologijos esminė schema



### Matching systems

Software System	method	SoftwareSystem (Endpoints1)		
		NMBRS_Employees	PrestaShop	SuiteCRM
ExactOnline	jaccard	33.17%	36.32%	34.26%
	jw	33.47%	36.19%	34.37%
	lcs	33.33%	36.37%	34.41%
	lv	33.44%	36.09%	34.57%

### Matching E-Commerce systems

Software System	method	SoftwareSystem (Endpoints1)		
		KonaKart_StoreFront	OpenCart	Zen Cart
PrestaShop	jaccard	33.60%	29.11%	33.66%
	jw	33.49%	31.70%	32.49%
	lcs	34.53%	31.41%	34.09%
	lv	30.70%	32.22%	34.25%

# Autorinio metodo pagrindu gauti sąveikumo įvertinimo rezultatai

Pagal sąveikumo vertinimo metodą LISI [M. Kasunic 2001], gauti rezultatai tiriamoms taikomosioms programoms :

a) Technical view, Technical interoperability scorecard.		b) Systems view, Systems interoperability scorecard			
Source	Compliance to standards	S1	S2	S3	S4
S1 ExactOnline	Y		Y	Y	G
S2 PrestaShop	Y	Y		Y	Y
S3 SuiteCRM	G	Y	G		Y
S4 NMBRS	G	Y	R	R	

Vertinama subjektyviai, priklauso nuo eksperto giluminių žinių lygio apie programas.

Autoriaus kiekybinis vertinimo metodas:

	ExactOnline	NMBRS	Prestashop	SuiteCRM
ExactOnline		17%	21%	15%
NMBRS	17%		16%	13%
Prestashop	21%	16%		14%
SuiteCRM	15%	13%	14%	

Matching systems

Software System	method	SoftwareSystem (Endpoints1)		
		NMBRS_Employees	PrestaShop	SuiteCRM
ExactOnline	jaccard	33.17%	36.32%	34.26%
	jw	33.47%	36.19%	34.37%
	lcs	33.33%	36.37%	34.41%
	lv	33.44%	36.09%	34.57%

Vertinama naudojant teksto analizės metodus ir skaičiavimus kurie leidžia įvertinti procentine išraiška sistemų tarpusavio panašumus

# Taikomųjų programų integracijos ir sąveikumo galimybės kiekybinio įvertinimo metodas

- Stebėjimas: duomenų gavyba
- Meta duomenų analizė
  - Sintaksė - Redagavimo nuotolio skaičiavimai
  - Semantika 1 – Objektų ir laukų palyginimas,
  - Semantika 2 – Palyginimai su schema.org ontologija
  - Semantika 3 - (kontrolė) Palyginimas su egzistuojančiais šablonais



# Redagavimo nuotolio skaičiavimai

$$S_1 \rightarrow S_2 \text{ kai } \sum \lambda_{red}\{h_1, h_2\} \geq \theta$$

(autorine išraiška)

, kai  $\lambda_{red}$  - Redagavimo nuotolio įvertis,  $\theta$

Panašumo slenksčio konstanta (viršijus – laikoma kad sistemos panašios).

## Levenshtein redagavimo nuotolis:

Taikoma dviem teksto eilutėm a ir b. Apskaičiuojama simbolių kiekis  $m(a)$  ir  $n(b)$ . Skaičiuojama kiek simbolių reik pakeisti tarp a, kad  $a = b$ . Algoritmo seka:

1. Simbolių suma iš pirmo teksto a.
2. Įterptų simbolių suma iš antro teksto b, nekeičiant simbolių tvarkos.
3. Kiekvienai simbolių porai iš dviejų tekstų apskaičiuojamas pakeitimų skaičius kuris reikalauja mažiausiai pakeitimų norint kad būtų teisinga išraiška  $a = b$ .

Levenshtein, vienas iš pirmųjų žinomų metodų sukurtų matematiškai palyginti žodžių panašumą 1965 metais.

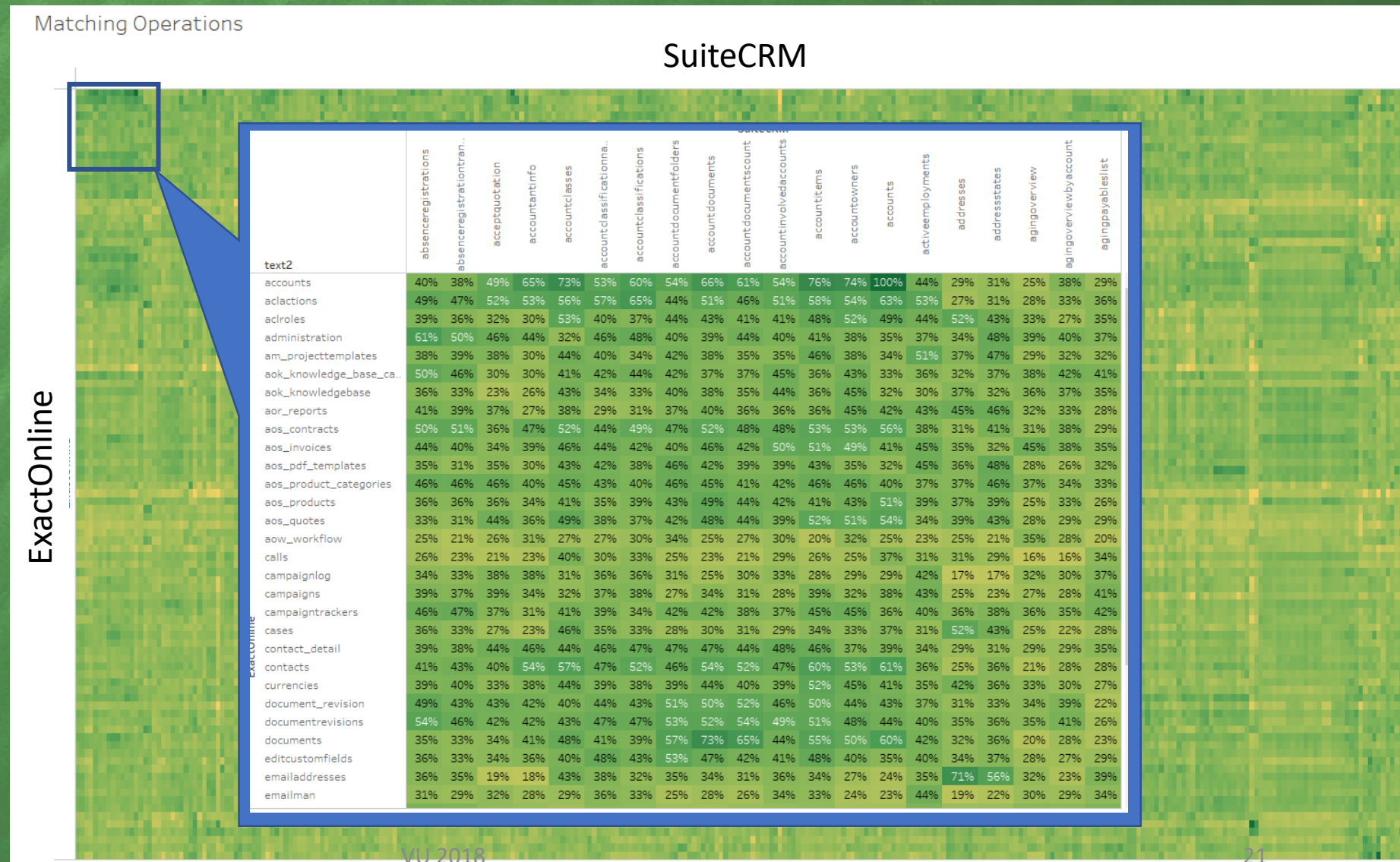
$$\begin{aligned} (1) \quad d_{i0} &= \sum_{k=1}^i \omega_{del}(b_k), & \text{for } 1 \leq i \leq m \\ (2) \quad d_{0j} &= \sum_{k=1}^j \omega_{ins}(a_k), & \text{for } 1 \leq j \leq n \\ (3) \quad d_{ij} &= \begin{cases} d_{i-1,j-1} & \text{for } a_j = b_i \\ \min \begin{cases} d_{i-1,j} + \omega_{del}(b_i) \\ d_{i,j-1} + \omega_{ins}(a_j) \\ d_{i-1,j-1} + \omega_{sub}(a_j, b_i) \end{cases} & \text{for } a_j \neq b_i \end{cases} & \text{for } 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n \end{cases}$$

# Eksperimentas ir rezultatai

Bendras dviejų sistemų bendrų operacijų palyginimo vaizdas.

Žali regionai atspindi panašias operacijas skirtinguose programų paketuose

Taikomoji programa	Išvalytos operacijos
SuiteCRM	98
KonaKart_StoreFront	128
PrestaShop	49
NMBRS_CompanyService	168
NMBRS_SingleSignOn	4
KonaKart_Administration	226
SchemaORG	0
NMBRS_DebtorService	38
NMBRS_ReportService	60
NMBRS_Employees	294
ExactOnline	202



# Eksperimentas ir rezultatai

## Matching systems

Software System	method	SoftwareSystem (Endpoints1)		
		NMBRS_Employees	PrestaShop	SuiteCRM
ExactOnline	jaccard	33.17%	36.32%	34.26%
	jw	33.47%	36.19%	34.37%
	lcs	33.33%	36.37%	34.41%
	lv	33.44%	36.09%	34.57%

## Matching E-Commerce systems

Software System	method	SoftwareSystem (Endpoints1)		
		KonaKart_StoreFront	OpenCart	Zen Cart
PrestaShop	jaccard	33.60%	29.11%	33.66%
	jw	33.49%	31.70%	32.49%
	lcs	34.53%	31.41%	34.09%
	lv	30.70%	32.22%	34.25%

# Semantinis įvertinimas, naudojant Schema.org ontologijas

## schema.org

### Store

Canonical URL: <http://schema.org/Store>

[Thing](#) > [Organization](#) > [LocalBusiness](#) > [Store](#)  
[Thing](#) > [Place](#) > [LocalBusiness](#) > [Store](#)

A retail good store.

Usage: Between 10,000 and 50,000 domains

### Product

Canonical URL: <http://schema.org/Product>

[Thing](#) > [Product](#)

Any offered product or service. For example: a pair of shoes; a concert ticket; the rental of a car; a haircut; or an episode of a TV show streamed online.

Usage: Over 1,000,000 domains

### Order

Canonical URL: <http://schema.org/Order>

[Thing](#) > [Intangible](#) > [Order](#)

An order is a confirmation of a transaction (a receipt), which can contain multiple line items, each represented by an Offer that has been accepted by the customer.

Usage: Between 10 and 100 domains

### OrderStatus

Canonical URL: <http://schema.org/OrderStatus>

[Thing](#) > [Intangible](#) > [Enumeration](#) > [OrderStatus](#)

Enumerated status values for Order.

## Matching to SchemaOrg Ontologies

Software System	text2	SoftwareSystem (Endpoints1) / text1																										
		ExactOnline					KonaKart_StoreFront								NMBRS_Employees			PrestaShop					SuiteCRM			Zen Cart		
		bankaccount	event	project	quotation	schedule	country	creditcard	language	order	orderstatus	product	review	store	bankaccount	schedule	service	language	order	product	state	store	project	role	schedule	language	orderstatus	
SchemaORG	bankaccount														100%													
	bankaccoun..	93%																										
	country						100%																					
	creditcard							100%																				
	events		87%																									
	language								100%																			
	languages																		91%								91%	
	order									100%																		
	orders									87%										87%								
	orders_sta..																										88%	
	orderstatus										100%																	
	product											100%																
	products											91%								91%								
	project																							100%				
	projects			91%																								
	quotations				92%																							
	review												100%															
	reviews												89%															
	roles																								86%			
	schedule															100%												
	schedulers																									87%		
	schedules					95%																						
	service																100%											
	service2																91%											
	states																					92%						
	store													100%														
	stores																									92%		

# Darbo rezultatai

- Recenzuojamuose leidiniuose:
  - Valatavičius, A. and Gudas, S., Apie taikomųjų programų sąveikumo metodologiją, grindžiamą giluminėmis žiniomis. *Informacijos mokslai*, 79(79), pp.83-113.
  - Gudas, S., Valatavicius, A., 2017. Normalization of Domain Modeling in Enterprise Software Development. *Baltic Journal of Modern Computing*, 5(4), pp.329-350.
- Pranešimų konferencijose
  - Valatavičius, Andrius & Gudas, Saulius, 2015. Towards business process integration using autonomic computing. *Informacinės technologijos 2015: Konferencijos pranešimų medžiaga*, pp.81–84.
  - Valatavičius, A. and Gudas, S., 2015. Enterprise software system integration using autonomic computing. *CEUR-WS. org*, 1420, pp.156-163.
  - Valatavičius, A. and Gudas, S., 2018. Measuring Enterprise Application Software Interoperability Capability.
  - Valatavičius, Andrius & Gudas, Saulius, 2016. Modeling environment to maintain interoperability of enterprise applications. *Data analysis methods for software systems : 8th international workshop on data analysis methods for software systems*, Druskininkai, December 1-3, 2016, pp.63–64.
  - Valatavičius, Andrius & Gudas, Saulius, 2017. Advanced evaluation methods of multiple application software interoperability. *9th International workshop on Data Analysis Methods for Software Systems (DAMSS)*, Druskininkai, Lithuania, November 30 - December 2, 2017, p.52.
- Pranešimai skaityti:
  - Tarptautinė konferencija: Dalyvauta Doktorantų konsorciame BIR 2015 Estijoje tema: “Enterprise Software System Integration using Autonomic Computing”;
  - Tarptautinė konferencija: DB&IS 2016 Latvijoje tema: “Modelling Dynamic Enterprise Environment to Maintain Interoperability of Applications”;
  - Tarptautinė konferencija: DAMSS „Data Analysis Methods for Software Systems“ 2016;
  - Konferencija: XVIII tarptautinėje kompiuterininkų konferencijoje LIKS 2017, tema: Towards deep knowledge based interoperability of applications. Straipsnis priimtas publikacijai žurnale „Informacijos Mokslai“;



Děkoju už děmesj

# Bibliografija

- [] Gates, B., 2013. Measuring progress. Annual Letter, Gates Foundation. <https://www.gatesfoundation.org/Who-We-Are/Resources-and-Media/Annual-Letters-List/Annual-Letter-2013> Peržiūrėta 2018-09-25.
- [] Dijkman, R., Dumas, M., Van Dongen, B., Käärik, R. and Mendling, J., 2011. Similarity of business process models: Metrics and evaluation. *Information Systems*, 36(2), pp.498-516.
- [] Gricius, G. 2015, Daugiaagentinių taikomųjų programų kūrimo metodų išvystymas nedidelio našumo įterptinių taikomųjų programų integravimui. Disertacija.
- [] Savulionienė L. 2014, Susietumo taisyklių paieška didelėse duomenų bazėse. Disertacija
- [] Dzemydienė, D., Naujikiene, R., 2009. Elektroninių viešųjų paslaugų naudojimo ir informacinių taikomųjų programų sąveikumo vertinimas. *Informacijos mokslai*, 50.
- [] Dijkman, R., Dumas, M., Van Dongen, B., Käärik, R. and Mendling, J., 2011. Similarity of business process models: Metrics and evaluation. *Information Systems*, 36(2), pp.498-516.
- [] Scott Brinker, 2017, The average enterprise uses 91 marketing cloud services, <<https://chiefmartec.com/2017/06/average-enterprise-uses-91-marketing-cloud-services/>> Paskutinį kartą peržiūrėta: 2018-09-27.
- [] Chen, D., Doumeingts, G. and Vernadat, F., 2008. Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in industry*, 59(7), pp.647-659.
- [] Trotta, G., 2003. Dancing around EAI 'bear traps'. *Business Process Management (BPM) Best Practices*. <[http://www.ebizq.net/topics/int\\_sbp/features/3463.html?page=1](http://www.ebizq.net/topics/int_sbp/features/3463.html?page=1)> Paskutinį kartą peržiūrėta: 2018-09-27.
- [] Panetto, H. and Molina, A., 2008. Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: Trends and issues. *Computers in industry*, 59(7), pp.641-646.
- [] Reijers, H.A. and Mansar, S.L., 2005. Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. *Omega*, 33(4), pp.283-306.
- [] Rahm, E. and Bernstein, P.A., 2001. A survey of approaches to automatic schema matching. *the VLDB Journal*, 10(4), pp.334-350.
- [] Villányi, B. and Martinek, P., 2015. Improved Accuracy Evaluation of Schema Matching Algorithms. *Acta Polytechnica Hungarica*, 12(6).
- [] Morkevicius, BUSINESS AND INFORMATION SYSTEMS ALIGNMENT METHOD BASED ON ENTERPRISE ARCHITECTURE MODELS, Doctoral Dissertation 2014, Kaunas
- [] I. Zinnikus, C. Hahn, and K. Fischer. A Model-driven, Agent-based Approach for the Integration of Services into a Collaborative Business Process. In: AAMAS 2008, pp. 241-248 (2008)
- [] L. Li, B. Wu, Y. Yang. Agent-based Ontology Integration for Ontology-based Applications. In: CRPIT (2005)
- [] Y. Peng, T. Finin, Y. Labrou, B. Chu, J Long, W.J. Tolone, A. Boughannam. A multi-agent system for enterprise integration. In: Proceedings of PAAM (1998)
- [] A. Valatavicius, D. Dilijonas. Dynamic B2B process integration (in Lithuanian). In: Proceedings of "Informacinės Technologijos", pp. 34-39. Kaunas (2014)
- [] El-Halwagi, M.M. Process Integration. Elsevier. ISBN-9780123705327 (2006)
- [] G Pavlin, M Kamermans, M. Scafeş. Dynamic Process Integration Framework: Toward Efficient Information Processing in Complex Distributed Systems. In: Proceedings of the 3rd International Symposium on Intelligent Distributed Computing (2009)
- [] R-D. Kutsche, N. Milanovic. Model-Based Software and Data Integration. In: MBSDI (2008)
- [] E. Rahm, P. A. Bernstein. A survey of approaches to automatic schema matching. In VLDB. Vol-ume 10, pp. 334-350 (2001)
- [] Kasunic, Mark. Measuring systems interoperability: challenges and opportunities. Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Software Engineering Inst, 2001.
- [] Fielding, R.T. and Taylor, R.N., 2000. Architectural styles and the design of network-based software architectures (Vol. 7). Doctoral dissertation: University of California, Irvine.
- [] Papazoglou, M., 2008. Web services: principles and technology. Pearson Education.
- [] Walsh, A.E., 2002. Uddi, Soap, and WSDL: the web services specification reference book. Prentice Hall Professional Technical Reference.
- [] Krajicek, J. and Krajíček, J., 1995. Bounded arithmetic, propositional logic and complexity theory. Cambridge University Press.
- [] Jacob, B., Lanyon-Hogg, R., Nadgir, D.K. and Yassin, A.F., 2004. A practical guide to the IBM autonomic computing toolkit. *IBM Redbooks*, 4.
- [] NAVARRO, Gonzalo. A guided tour to approximate string matching. *ACM computing surveys (CSUR)*, 2001, 33.1: 31-88.
- [] KASUNIC, Mark. Measuring systems interoperability: Challenges and opportunities. Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Software Engineering Inst, 2001.
- [] FORD, Thomas, et al. Measuring system interoperability. *Proceeding Cser*, 2008.
- [] DZEMYDIENĖ, Dalė; NAUJIKIENĖ, Ramutė. Elektroninių viešųjų paslaugų naudojimo ir informacinių sistemų sąveikumo vertinimas. *Informacijos mokslai*, 2009, 50.