

Inginerie software sustenabilă

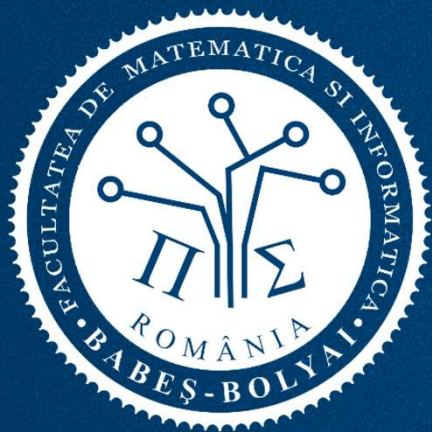
Lect. dr. Vladîela Petraşcu



Facultatea de Matematică şi Informatică
Universitatea Babeş-Bolyai



https://www.edgemiddleeast.com/cloud/2021/11/25/shutterstock_184553570-1-1536x1024.jpg



Networking

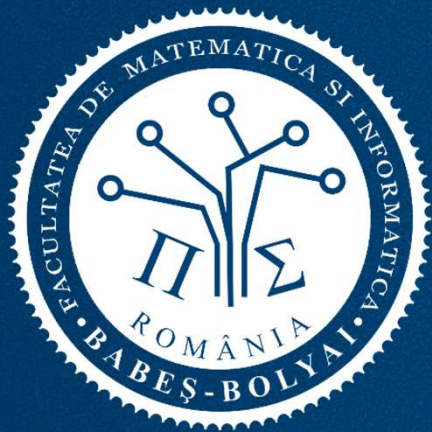
Facultatea de Matematică și Informatică

Networking

- Prezentare curs
- Motivație
 - Sustenabilitatea, din perspectiva software - o preocupare mai recentă
 - Necesități evidențiate de cercetările/literatura in domeniu

Educație & Training	Acces liber la informație
 <p>A blue square graphic with a white graduation cap and an open book at the top. A diagonal white banner across the middle contains the words 'Education' and 'Training' in blue. At the bottom, a white stick figure in a suit holds a document.</p> <p>https://becht.com/wp-content/uploads/2019/07/education_vs_training_cover.jpg</p>	 <p>A central orange padlock icon with eight arrows pointing outwards to various icons representing different aspects of open access: a globe, a person, a document, a bar chart, a group of people, a scale of justice, a book, and a magnifying glass. Each icon is accompanied by a small text label in a foreign language.</p> <p>https://miro.medium.com/v2/resize:fit:4000/format:webp/1*c-8aHQoX-Zf1BFNj7mhquw.jpeg</p>

- Expectanțe



Ce reprezintă *sustenabilitatea*?

Facultatea de Matematică și Informatică

Sustenabilitate / dezvoltare sustenabilă

- Origini

- Lat. *sustineo* = a dăinui/a rezista (eng. *to endure/uphold*)
- Coexistența speciei umane cu mediul pe o perioadă lungă de timp
 - (*) *umanitatea nu ar trebui să își satisfacă nevoile curente periclitanđ bunăstarea generațiilor viitoare*

- Istoric

- 1713 Hans Carl von Carlowitz - "*Sylvicultura Oeconomica*"
 - *manifest pentru practici forestiere sustenabile*
- Industrializarea
 - *efecte negative, ecologice (poluarea aerului, a apei, creșterea temperaturii globale) și sociale (inechitate socială)*
- > 1960
 - *conștientizarea poluării mediului*
- 1972 Stockholm "*United Nations Conference on the Human Environment*"
 - *declarație conținând principii legate de mediu*
 - *United Nations Environment Programme* – autoritatea în problemele legate de mediu
- 1983-1987 *Brundtland Commission* – suborganizație UN
 - "*Our Common Future*"
 - *popularizarea sintagmei "dezvoltare sustenabilă" & definiția recunoscută a sustenabilității (*)*
 - *piloni: creștere economică, protecția mediului și echitate socială*
- 2015 UN adoptă "*The 2030 Agenda for Sustainable Development*"
 - 17 obiective privind dezvoltarea sustenabilă (eng. *SDGs – Sustainable Development Goals*) <https://sdgs.un.org/goals>

United Nations SDGs

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Communications materials - United Nations Sustainable Development

Sustenabilitate software (SS)

- Buzzword ?
- Definiții
 - *cerință nefuncțională* a softului
 - “o măsură a extensibilității, interoperabilității, mentenabilității, portabilității, reutilizabilității, scalabilității și utilizabilității sistemului soft” [VJL+14]
 - definiții *absolute*
 - în sensul clasic al termenului *sustenabilitate*: păstrarea sistemului peste generații, asigurând că nevoile viitoare nu sunt compromise prin acțiunile prezente
 - definiții *relative*
 - adaptate domeniului ingineriei software, personalizate ținând cont de tipul de sistem / funcționalitățile acestuia și integrând explicit aspectul temporal / contextul / dimensiunile sustenabilității
 - *Karlskrona manifesto* [BCD+14]
 - definiția clasică: “capacitatea softului de a *dăinui/rezista*”
 - integrarea explicită a dimensiunii temporale
 - “abilitatea de a menține sistemul soft funcțional, pe o *perioadă lungă de timp*” [LP17]
 - dimensiune temporală explicită + context + schimbare
 - “*sustenabilitatea tehnică* a softului = *păstrarea, pe termen lung, a funcționalității și utilității softului și evoluția sa aferentă, într-un context în continuă schimbare*” [LP]

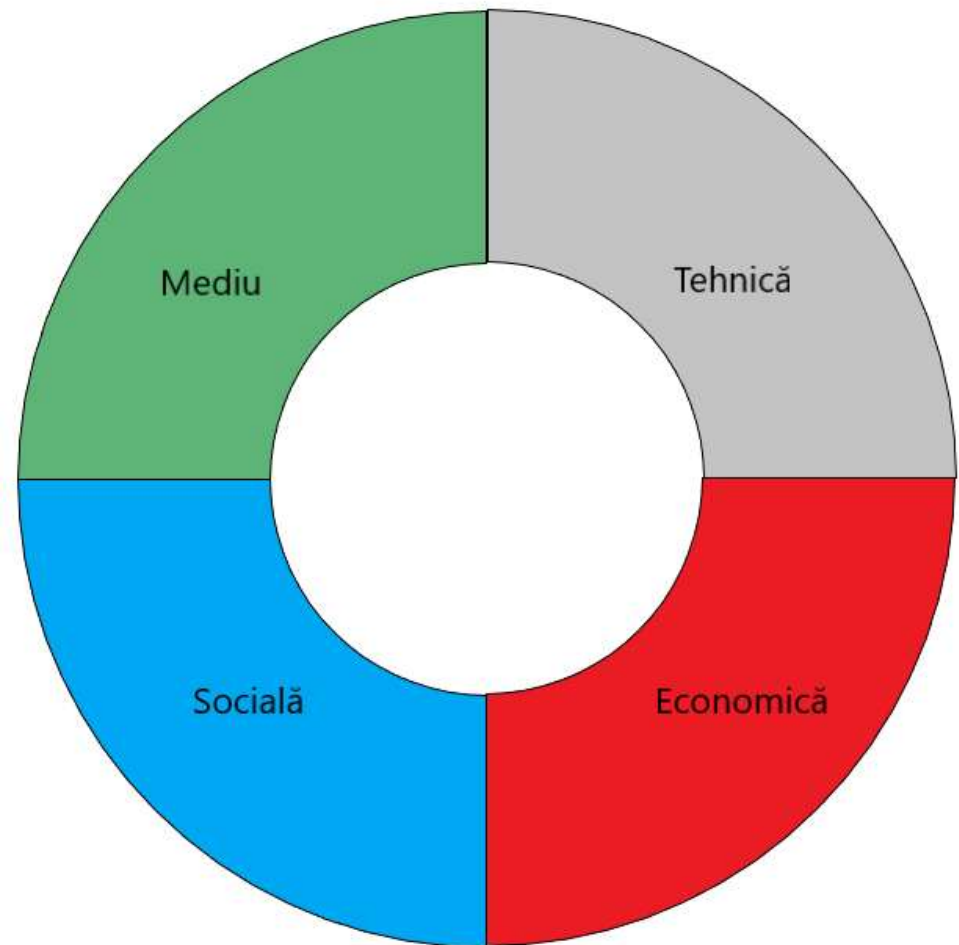


Perspective asupra SS

Facultatea de Matematică și Informatică

Dimensiuni ale sustenabilității software

- Sustenabilitatea are un caracter *multi/inter-dimensional*, în cazul tuturor sistemelor digitale
 - Cel mai des, sunt abordate explicit perspectivele tehnică și **economică**
- **Provocare:** inexistența unui set comun de metrici, aplicabile acestor sisteme
 - Fiecare sistem are cerințe specifice aferente acestor dimensiuni
- **Discuție:** Sistem de tip *SmartLighting*



Dimensiuni ale sustenabilității software (cont.)

- Dimensiunea tehnică

- se referă la utilizarea pe perioadă îndelungată a softului și la evoluția sa, în contextul schimbărilor din mediu
- adaptabilitate, modificabilitate, mentenabilitate, portabilitate, scalabilitate, etc.

- Dimensiunea economică

- vizează aspecte financiare
- conservarea capitalului, rentabilizarea investițiilor, obținerea de profit, etc.

- Dimensiunea legată de mediu

- acoperă aspecte ecologice
- conservarea resurselor naturale, eficiența energetică, reducerea poluării/amprentei de carbon, etc.

- Dimensiunea socială

- vizează sprijinirea comunităților sociale și echitatea inter/intra-generațională
- sprijinirea directă a unor comunități sociale sau procese care creează indirect beneficii pentru astfel de comunități

Nivele de impact ale sustenabilității software

- **Impact direct/imediat**

- efecte observabile imediat
- acestea sunt *adresate direct* de către sistemul soft și există trasabilitate către elementele arhitecturale

- **Impact indirect/declanșator**

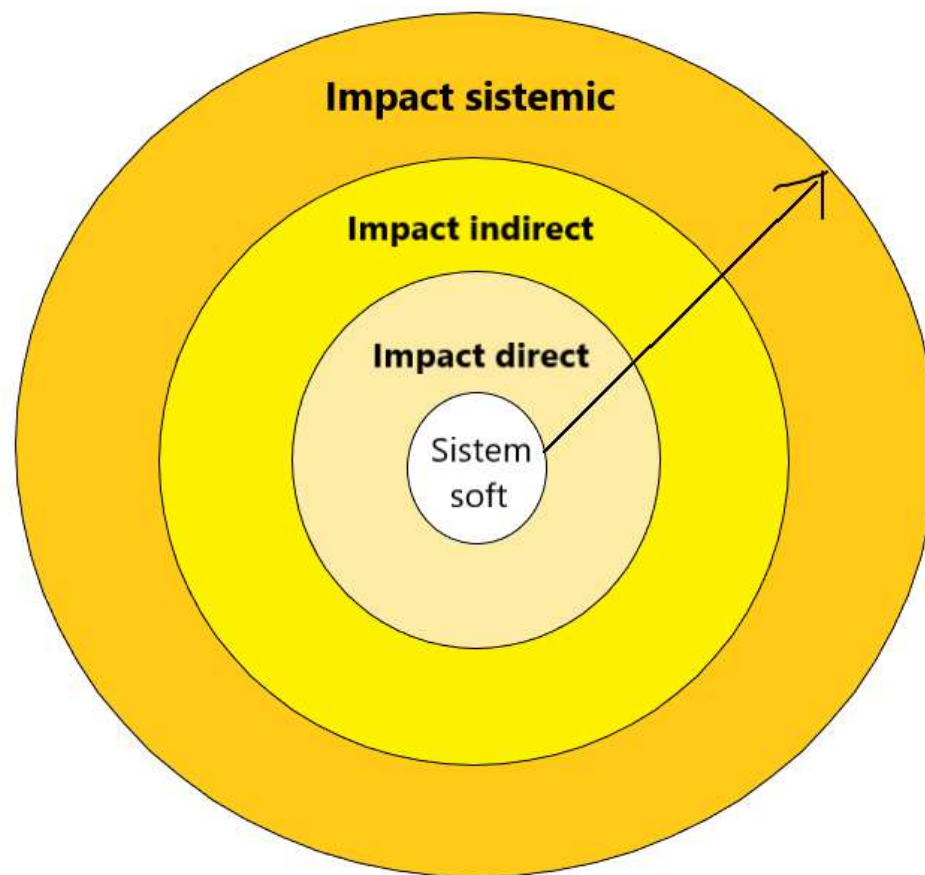
- indus prin intermediul *activităților/proceselor* pe care softul le sprijină
- observabil prin utilizarea softului pe termen mediu-lung

- **Impact sistemic/structural**

- declanșat prin *utilizarea pe scară largă și pe termen lung* a sistemului soft în cauză
- schimbări macro persistente, structurale sau comportamentale, care transcend scopul inițial al proiectului

- **! Efecte de recul/yo-yo**

- neprevăzute, în general negative
- **provocare:** analiza detaliată/conștientizarea eventualelor efecte secundare



Nivele de impact ale sustenabilității software (cont.)

- Multi-dimensionalitate în timp
 - *Ex.: Aplicație mobilă pentru monitorizarea stării de sănătate* - există un câștig direct din vânzarea ei (**impact direct în plan economic**), dar, în timp, aceasta contribuie la îmbunătățirea stării de sănătate a populației (**impact social sistemic**)
 - **Discuții:** sistem SmartLighting, centru de date
- **Provocare:** reprezentarea timpului în analiza sustenabilității (și în ingineria software, în general)
- **Concluzie:** putem să adresăm impactul pe termen scurt al unui proiect software, însă, doar dacă suntem în măsură să prevedem efectul sistemic, putem gestiona sustenabilitatea în mod optim
 - **Provocare:** gestionarea tranziției de la conștientizarea efectului energetic la conștientizarea efectului social

Soft *sustenabil* vs. *pentru sustenabilitate*

- Privire spre interior

- software sustenabil
- efecte directe
- ex:
 - runtime – soft *eficient energetic și performant*
 - design-time – *mentenabil, corect*

- Privire spre exterior

- software pentru sustenabilitate
- efecte indirecte – procesele sprijinite și efectul lor în societate

privire spre interior



privire spre exterior

Soft *sustenabil* vs. *pentru sustenabilitate* (cont.)

- Ex.: Dronele

- privire spre interior

- drona trebuie să fie sustenabilă tehnic (trebuie să proiectăm softul pentru a funcționa pe dispozitivul mobil) și dpdv al mediului

- privire spre exterior

- există multe tipuri de utilizări ale dronelor, în diferite domenii
 - drona poate asigura sustenabilitate socială - permițând transportul de medicamente în zone greu accesibile și economică - presupunând costuri mai mici

- pe scara timpului

- impactul direct - e în sensul sustenabilității tehnice și legate de mediu
 - impactul declașator - e generat prin sprijinirea proceselor legate de distribuirea de medicație oricând/oriunde
 - impactul sistemic sau schimbarea comportamentală - vine din efectul pe termen lung al folosirii dronelor în domeniul sănătății, ceea ce duce la necesitatea ca medicii să își formeze tipuri diferite de competențe, pentru a-și oferi serviciile; de aici și necesitatea unor schimbări în domeniul educației și apariția unor potențiale meserii noi => schimbări sistemice inter-domeniu



Instrumente

Facultatea de Matematică și Informatică

Instrumente pentru analiza sustenabilității

- Cerințele legate de sustenabilitate sunt formulate ca și atribute de calitate ale softului
 - reprezentare explicită (atribute/dependențe), pe dimensiuni și pe scara timpului -> analiza sustenabilității -> luare informată de decizii de proiectare
- *SAF (Sustainability Assessment Framework)* – Univ. Vrije, Amsterdam [SAF]
 - formarea unui *mindset* legat de sustenabilitate, la nivel organizațional
 - explicitatea atributelor ce definesc sustenabilitatea pentru proiectul curent
 - raționamente legate de dependențe și compromisuri, cu implicații pe termen scurt și lung
 - instrument util pentru a putea raționa legat de efectele, în termeni de sustenabilitate ale proiectelor inovative

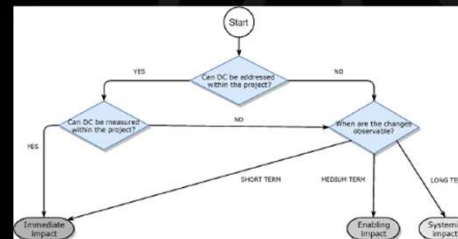
Figure 1: A conceptual diagram of the Smart Grid Ecosystem. The diagram is organized into layers. At the top, outside a main box, is the label "SYSTEMIC". Below it is a box labeled "REDUCTION OF CLIMATE CHANGE". This box is connected to a large grey box labeled "ENABLING". Inside the "ENABLING" box, there are several interconnected boxes: "TRUST" (yellow), "ACCELERATING ENERGY TRANSITION" (green), "ACCELERATE UPTAKE OF EV'S" (yellow), "REDUCING CARBON EMISSIONS" (green), "FLEXIBILITY" (blue), "INTEROPERABILITY" (blue), "USER PROFITABILITY" (pink), "SECURITY" (blue), "ADAPTABILITY" (blue), "REAL TIME DATA PROCESSING" (blue), "USABILITY" (blue), "PLATFORM PROFITABILITY" (pink), "COMPLIANCE" (blue), "CONTROL OVER PERSONAL DEVICE" (yellow), and "LOWER DEMAND ON ENERGY GRID" (blue). A central circle labeled "FIBerIoT" is connected to "REAL TIME DATA PROCESSING", "USABILITY", "COMPLIANCE", and "CONTROL OVER PERSONAL DEVICE". A green arrow labeled "IMMEDIATE" points from "REDUCING CARBON EMISSIONS" to "LOWER DEMAND ON ENERGY GRID".

The **Sustainability-Quality (SQ) Model** to define concerns and measures

FILL IN YOUR OWN GA NAME		FILL IN YOUR OWN GA DEFINITION	FILL IN THE EXTERNAL SOURCE OF THE DEFINITION (IS APPLICABLE)	SUSTAINABILITY DIMENSION OF THE GA			
QUALITY ATTRIBUTE GA		DEFINITION	REFERENCE	ECONOMIC	ENVIRONMENTAL	SOCIAL	GOVERNANCE
Characteristics and sub-characteristics [ISO/IEC 26101:2011]							
IMPACTABILITY	Co-existence	degree to which a product can perform its required function effectively while sharing a common platform and measuring with other products, without detrimental impact on any other product	[ISO/IEC 26101:2011]	X	-	-	-
	Interoperability	degree to which a system can exchange information with other systems and use the information	amplified from [ISO/IEC 26101:2011]	X	-	-	X
DEFECT COVERAGE	Conformal compliances	degree to which a system can be used in all the specified contexts of use	amplified from [ISO/IEC 26101:2011]	X	-	-	-
	Flexibility	degree to which a system can be used in contexts different from those initially specified in the requirements, including and encompassing with which users perform specified goals	amplified from [ISO/IEC 26101:2011]	-	-	X	X
PREDICTIVENESS	Effectiveness		[ISO/IEC 26101:2011]	-	-	X	-
							X

DOING	WHAT	REFLECTIVE QUESTIONS
	FOCUS ON THE KEY DESIGN CONCERNS (DC)	
<input type="checkbox"/>	IDENTIFY DESIGN CONCERNS	<p>What are the key problems?</p> <p>When designed, what are the expected benefits of the system?</p> <p>When designed, what are the expected negative consequences?</p> <p>When designed, what are the possible risks introduced by the system?</p>
<input type="checkbox"/>	CLASSIFY DESIGN CONCERNS	<p>For each DC, what is the corresponding sustainability dimension (E, T, P)?</p>
<input type="checkbox"/>	DRAW THE ARROWS	<p>For each DC, does it have effects on other DCs (inducing arrow)?</p> <p>For each DC, does it depend on other DCs (involving arrow)?</p>
<input type="checkbox"/>	FRAMING THE EXPECTED IMPACT	<p>For each arrow, should it be expected as positive, negative, or undetermined?</p>
	FOCUS ON THE KEY QUALITY CONCERNS (QC)	
<input type="checkbox"/>	IDENTIFY SUSTAINABILITY-QUALITY CONCERNS	<p>What are the most relevant sustainability dimensions?</p> <p>What are the key QCs that need to be addressed?</p>
<input type="checkbox"/>	DRAW THE ARROWS	<p>For each QC, what are the possible interdependent QCs?</p> <p>For each interdependent QC, are there additional QCs that we should consider?</p>
<input type="checkbox"/>	FRAMING THE EXPECTED IMPACT	<p>NOTE: For each pair of interdependent QCs, draw an arrow and assign the expected effect (positive, negative, undetermined). Use the suggestions in the Dependency Matrix, if available.</p>
	FOCUS ON THE KEY QUALITY CONCERNS (QC)	
<input type="checkbox"/>	IDENTIFY SUSTAINABILITY-QUALITY CONCERNS	<p>What are the most relevant sustainability dimensions?</p> <p>What are the key QCs that need to be addressed?</p>
<input type="checkbox"/>	DRAW THE ARROWS	<p>For each QC, what are the possible interdependent QCs?</p> <p>For each interdependent QC, are there additional QCs that we should consider?</p>
<input type="checkbox"/>	FRAMING THE EXPECTED IMPACT	<p>NOTE: For each pair of interdependent QCs, draw an arrow and assign the expected effect (positive, negative, undetermined). Use the suggestions in the Dependency Matrix, if available.</p>
	FOCUS ON THE KEY QUALITY CONCERNS (QC)	
<input type="checkbox"/>	IDENTIFY SUSTAINABILITY-QUALITY CONCERNS	<p>What are the most relevant sustainability dimensions?</p> <p>What are the key QCs that need to be addressed?</p>
<input type="checkbox"/>	DRAW THE ARROWS	<p>For each QC, what are the possible interdependent QCs?</p> <p>For each interdependent QC, are there additional QCs that we should consider?</p>
<input type="checkbox"/>	FRAMING THE EXPECTED IMPACT	<p>NOTE: For each pair of interdependent QCs, draw an arrow and assign the expected effect (positive, negative, undetermined). Use the suggestions in the Dependency Matrix, if available.</p>

		ENVIRONMENTAL									
		Rounded Bay	Morbidity	Resistance to attacks	Environmental fit	Time flexibility	Availability	Efficiency	Co-existence	Energy	Weight
		A0R	A2Z	A36	A11	A26	A19	A31	A16	B-17	
TECHNICAL	Functional correctness	A17	+	-	+	-	-	-	-	-	
	Incompleteness	A18									
	Availability	A19									
	Functional appropriateness	A20									
	User-friendliness	A6									
	Fault tolerance	A21									
	Maintainability	A22									
	Trust	A4									
	Control completeness	A23	+	-	-	-	-	-	-	-	
	Efficiency	A24									
	Reliability	A25									
	Adaptability	A26									
	True Interactivity	A27									
	Morbidity	A28									
Tensility	A29										
Reasonability	A30										
Co-existence	A31		+	-	+	-	-	-	-		
Maturity	A32										
Efficiency	A33										
Euroability	A34										
Capacity	A35										
		Security	A31	+	+	+	+	+	+	+	
		Efficiency	A31	+	+	+	+	+	+	+	
		Survivability	A32	+	+	+	+	+	+	+	
		Capacity	A33	+	+	+	+	+	+	+	

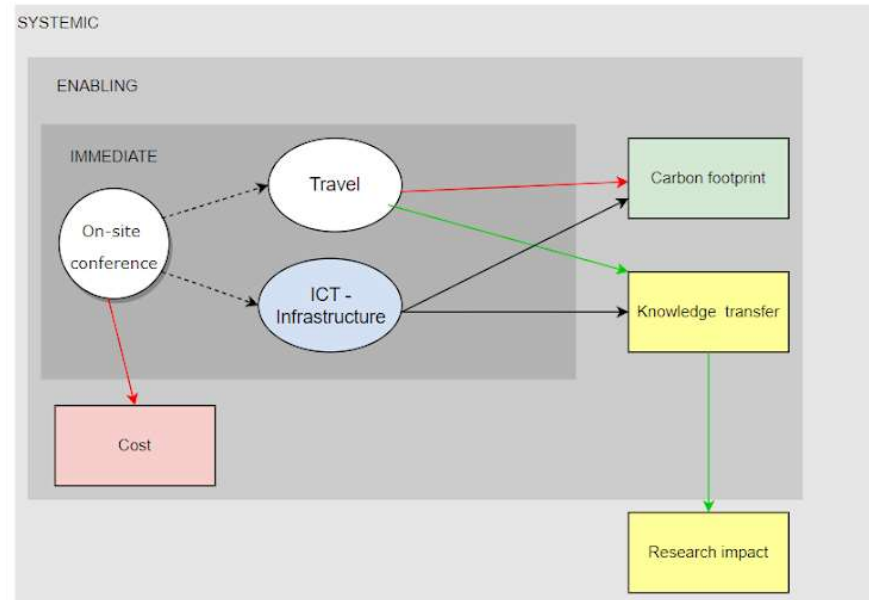
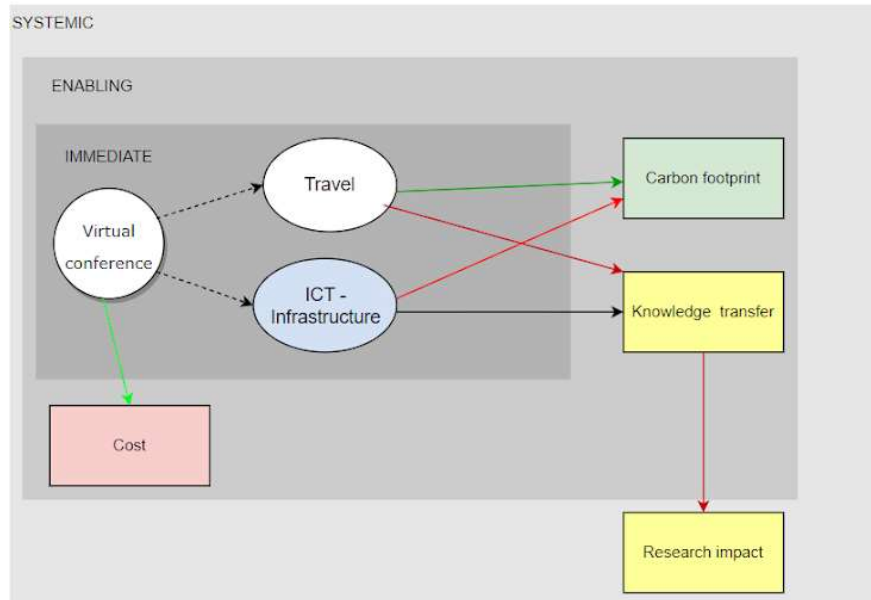


The **SQ dependency matrix** to help identify the dependencies among DM elements. It is an historical database of reusable SQ concerns.

The **Decision Graph** to help assign the right impact timescale to DM elements

SAF

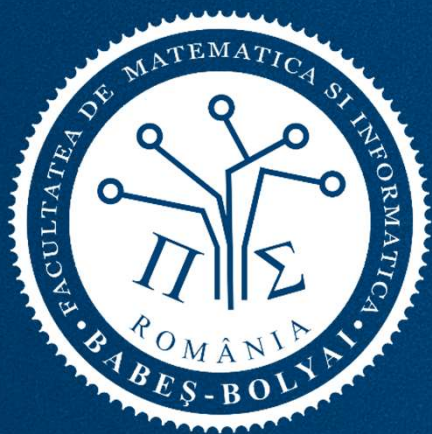
Exemplu DM: ateliere/conferințe *online* vs *onsite*



https://lh4.googleusercontent.com/wh_v_vDioCYiNyc0b2CPwZZ0gFN_Sk6uFlmuhTPoSgn65UsQGJT67-AJnm6tuU-jC9l8qBxxZC-QDOUXJb9CFGcB8kDNQUmJNnWAV0yYB65kKTwd6LAh_v9ZpP8vgSFck2UCdtDpolr

SAF

- Instrument util pentru formularea *obiectivului global de sustenabilitate* al unui proiect de digitalizare
 1. stabilirea *atributelor de calitate* (SQAs) si realizarea unui DM aferent
 2. formularea *obiectivului de sustenabilitate* ca și o combinație (maximizare/minimizare/echilibrare) a unor astfel de attribute SQA
 3. *implementarea* proiectului
 4. *măsurători* (folosind metricile definite de toolkit) -> *impactul* proiectului relativ la obiectivul stabilit -> *tendințe* (date de variații în timp) -> *revizuire* (obiectiv sau sistem)

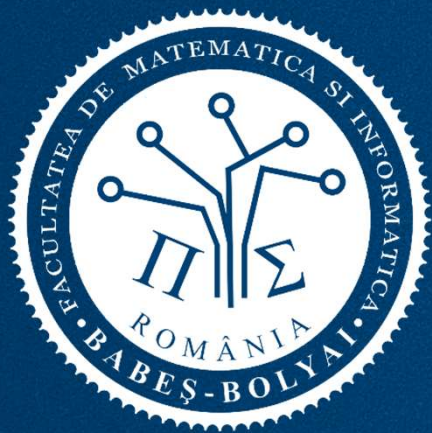


Takeaways - de reținut

Facultatea de Matematică și Informatică

De reținut

- Orice sistem software, ca parte a unei soluții de digitalizare, impactează (pozitiv sau negativ), *în timp, în diferite moduri, diferite dimensiuni* ale sustenabilității (chiar dacă acest lucru nu a fost planificat în mod explicit)
- Analiza impactului asupra sustenabilității trebuie să fie/devină o problemă organizațională
 - efort de conștientizare (*green labels*)
 - bias legat de efectele pozitive ale digitalizării și minimizarea efectului de recul
 - necesitatea de a integra analiza sustenabilității în procesul decizional
- Realizarea dezideratelor de sustenabilitate nu “se întâmplă, pur și simplu” – e necesară planificare
 - atribut de calitate - *plan it, design for it, measure/estimate it, improve it*



ToDo

Facultatea de Matematică și Informatică

ToDo

1. Analizați, informal, un sistem software cunoscut/domeniul acestuia, în termenii cerințelor existente și a tehnologiilor vizate

- ✓ Care sunt cele mai importante dimensiuni ale sustenabilității aplicabile acestuia?
- ✓ Puteți identifica cerințe de sustenabilitate (SQC) pentru toate dimensiunile și întreaga scară de timp, precum și eventuale efecte de recul?

2. Formulați obiectivul global de sustenabilitate pentru acest proiect (formulă de tip min/max/balance), în termenii elementelor SQC anterior identificate

- Reveniți la pasul anterior, dacă nu au fost identificate toate elementele necesare

Direcții viitoare de lucru

Modelarea sarcinilor anterior menționate, folosind SAF

1. creare DM (hărți decizionale)
2. utilizare și contribuții la SQM (Sustainability Quality Model) - prin identificare de noi SQC, aferente proiectului curent
 - *definirea* acestora, în raport cu dimensiunea de focus
 - *relaționarea* lor
 - identificarea de *metrici* adecvate

Referințe

[BCD+14] Becker, Christoph & Chitchyan, Ruzanna & Duboc, Leticia & Easterbrook, Steve & Mahaux, Martin & Penzenstadler, Birgit & Rodriguez-Navas, Guillermo & Salinesi, Camille & Seyff, Norbert & Venters, Colin & Calero, Coral & Akinli Kocak, Sedef & Betz, Stefanie. (2014). *The Karlskrona manifesto for sustainability design*.

[LP] Lago, Patricia & Porras, Jean. Sustainability – the Software Perspective (video lecture).

[LP17] Lago, Patricia & Penzenstadler, Birgit. (2017). Editorial: *Reality check for software engineering for sustainability-pragmatism required*: Editorial. Journal of Software: Evolution and Process. 29. e1856. 10.1002/smr.1856.

[SAF] Sustainability Assessment Framework (SAF) Toolkit
[GitHub - S2-group/SAF-Toolkit](#)

[VJL+14] Venters, Colin & Jay, Caroline & Lau, Lydia & Griffiths, Michael & Holmes, Violeta & Ward, Rupert & Austin, Jim & Dibsedale, C.E. & Xu, J.. (2014). *Software sustainability: The modern tower of babel*. CEUR Workshop Proceedings. 1216. 7-12.



FACULTATEA DE MATEMATICĂ ȘI INFORMATICĂ
UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI

Str. Mihail Kogălniceanu nr. 1
Cluj-Napoca, Cluj, România

www.cs.ubbcluj.ro