Extrait
Procurez-vous Metascience aux
Éditions Matériologiques
Publications en sciences, histoire et philosophie des sciences

[Article 5]

Système, modélisation conceptuelle et complexité

Roman Lukyanenko, Veda C. Storey, Oscar Pastor

Résumé — L'informatisation de la société se poursuit à un rythme effréné. Cependant, pour développer les technologies modernes de l'information, la complexité croissante du monde réel doit être modélisée, ce qui nécessite de revoir la façon de réaliser une modélisation conceptuelle. Cette étude propose que la notion souvent négligée de «système» doive être un construit distinct et fondamental pour la modélisation conceptuelle, et argumente en faveur de son intégration, de même que l'intégration de concepts connexes, tels que l'émergence, dans les approches existantes de la modélisation conceptuelle. L'étude procède à une synthèse de l'ontologie des systèmes et de la théorie générale des systèmes. Ces éléments fondamentaux de la modélisation sont ensuite utilisés pour proposer un modèle CESM+ pour la modélisation conceptuelle fondé sur des systèmes. Plusieurs nouvelles notations de modélisation conceptuelle sont introduites. La modélisation systémique est ensuite appliquée à une étude de cas sur le développement d'une plateforme de science citoyenne. L'étude de cas montre le potentiel de l'approche systémique pour la théorie et la pratique. L'article avance des recommandations sur la façon d'intégrer des systèmes dans des projets existants et suggère des voies de recherche sur la modélisation conceptuelle.

Abstract — The digitalization of human society continues at a relentless rate. However, to develop modern information technologies, the increasing complexity of the real-world must be modeled, suggesting the general need to reconsider how to carry out conceptual modeling. This research proposes that the often-overlooked notion of "system" should be a separate, and core, conceptual modeling construct and argues for incorporating it and related concepts, such as emergence, into existing approaches to conceptual modeling. The work conducts a synthesis of the ontology of systems and general systems theory. These modeling foundations are then used to propose a CESM+ template for conducing systems-grounded conceptual modeling. Several new conceptual modeling notations are introduced. The systemist modeling is then applied to a case study on the development of a citizen science platform. The case demonstrates the potential contributions of the systemist approach and identifies specific implications of explicit modeling with systems for theory and practice. The paper provides recommendations for how to incorporate systems into existing projects and suggests fruitful opportunities for future conceptual modeling research.

Avec le développement continu de l'humanité, les systèmes sociaux, économiques, politiques et technologiques deviennent de plus en plus complexes (Clark & Cohen 2017, Dietz 2006, Fayoumi & Williams 2021, Harari 2016). La complexité d'un système fait référence au nombre de composantes du système, à la façon dont ces composantes sont structurées, à la façon qu'ils interagissent les uns avec les autres ainsi qu'avec d'autres systèmes (Johnson 2002, Luhmann 1995). Les systèmes sont ces entités complexes qui composent le monde, tels que les atomes, les animaux, les avions, les universités, les marchés boursiers et les galaxies. Généralement, plus le système est complexe, plus il est difficile de prédire pleinement son comportement. Afin de créer et de gérer efficacement des systèmes complexes, il est nécessaire de disposer des meilleures méthodes, machines et connaissances. Ce « défi de la complexité » offre de nouvelles possibilités de développement dans les technologies de l'information (TI) afin de créer et de gérer des systèmes complexes.

La modélisation conceptuelle est une étape de développement d'un projet dans les technologies de l'information (TI). Traditionnellement, elle détermine pour un domaine d'application les besoins des utilisateurs, ce que ces utilisateurs pensent du domaine en question, et rassemble quelques informations au sujet de ces utilisateurs en relation avec le domaine d'application (Burton-Jones *et al.* 2017, Mayr & Thalheim 2020, Storey *et al.* 2015, Wand & Weber 2002). Depuis les années 1970, la conception de bases de données, en particulier dans les grandes organisations, s'appuyait sur des modèles conceptuels – les produits de la modélisation conceptuelle – pour modéliser les données à stocker dans des bases de données relationnelles (Chua *et al.* 2022, Teorey *et al.* 1986, Thalheim 2000). Une autre application importante des modèles conceptuels est celle d'apporter un soutien à la gestion et à l'ingénierie des processus d'affaires (Curtis *et al.* 1992, Dumas *et al.* 2013, Recker 2010). Plus généralement, les modèles conceptuels sont utilisés pour améliorer la compréhension du domaine d'application, pour faciliter la communication entre les développeurs et les parties prenantes, et pour aider à relever les défis de conception en technologies de l'information (Khatri *et al.* 2006, Mylopoulos 1998, Siau 2004, Wand & Weber 2002, Woo 2011). Notre dépendance croissante envers les technologies de l'information ainsi que leur sophistication accrue nécessitent une capacité

toujours plus grande de la modélisation conceptuelle à représenter à la fois les systèmes physiques (y compris mentaux et sociaux) et numériques [*digital systems*] (Recker *et al.* 2021).

Pour apprécier le défi de créer et de gérer des systèmes complexes, considérez une solution jamais mise en application pour lutter contre la pandémie de COVID-19, à savoir le développement d'une application de distanciation sociale (physique). Une telle application détecterait l'approche d'une personne puis se mettrait à vibrer, alertant ainsi l'utilisateur de la nécessité de garder ses distances. Les données anonymisées et agrégées de cette application pourraient être utilisées par les gouvernements pour soutenir des politiques axées sur les données et ainsi faciliter une réponse plus intelligente à la pandémie[1]. Largement pratiquée, la distanciation physique entraîne une réduction significative des transmissions de maladies respiratoires (Ahmed *et al.* 2018, Caley *et al.* 2008, Matrajt & Leung 2020). Cependant, une technologie de distanciation physique efficace est incroyablement difficile à développer, non seulement en raison des nombreux obstacles technologiques, mais surtout, en raison d'une foule de défis sociaux, éthiques, juridiques, médicaux et psychologiques (Storey *et al.* 2022). Une modélisation conceptuelle précise et exacte des faits et des opinions dans ce domaine pourrait aider au développement de solutions efficaces. Étant donné que la technologie de distanciation implique une utilisation de données personnelles et sensibles de millions de personnes en temps réel et, en supposant qu'une telle utilisation n'est pas obligatoire, mais volontaire, nous devons modéliser avec précision les valeurs, les intentions, les motivations et les besoins de différentes personnes afin d'aligner la technologie sur ces besoins. L'utilisation de cette technologie est fondamentalement collective, impliquant des efforts coordonnés de la part des citoyens, des gouvernements et des établissements médicaux (Tabourdeau & Grange 2020). Créer et entretenir une application à une telle échelle revient à développer un système sociotechnique complexe. Un tel système pourrait se comporter de manière potentiellement imprévisible et

[1] Des tentatives de développement d'une telle technologie ont été faites, mais les applications qui en ont résulté n'ont pas été largement adoptées par la société. Voir https://spectrum.ieee.org/news-from-around-ieee/the-institute/ieee-products-services/social-distancing-heres-an-app-for-that.

peut-être même dangereuse. Par inadvertance, une telle application pourrait provoquer des changements indésirables dans les schémas de mouvements et de socialisation des personnes ou favoriser un élargissement de la surveillance de masse. Des mesures doivent être mises en place (y compris au niveau de la conception technique) pour détecter et limiter de manière proactive tout résultat négatif, tout en favorisant les résultats positifs. La modélisation conceptuelle devient alors un outil précieux pour aider à concevoir en technologies de l'information des solutions efficaces afin de relever les défis croissants de l'humanité.

L'objectif de la présente étude est d'examiner l'aptitude de la modélisation conceptuelle à relever les défis du monde moderne et ensuite suggérer une voie pour mieux appréhender les complexités de ce monde. Nous réexaminons la théorie et la pratique de la modélisation conceptuelle en étudiant un concept de modélisation conceptuelle jusqu'à présent négligé, à savoir celui de « système ». Plus précisément, nous proposons que le construit « système » soit considéré comme un construit fondamental en modélisation conceptuelle, au même titre que des construits tels que « entité », « attribut », « rôle », « événement » ou « relation ».

La modification des langages de modélisation conceptuelle avec le construit « système » fait suite à une longue série de recherches qui ont introduit des construits additionnels pour augmenter la puissance expressive des langages de modélisation. Depuis les premières recherches sur la modélisation conceptuelle jusqu'à aujourd'hui, les chercheurs ont proposé de nouveaux construits (Chen 1976, Gottlob *et al.* 1996, Halpin 2007, Limonad & Wand 2008, Sapia et al. 1998, Teorey *et al.* 1986, Yu 2002). Certains d'entre eux font maintenant partie de quelques langages de modélisation conceptuelle largement utilisés, tels que le diagramme entité-association (ER), le langage de modélisation unifié (UML), le modèle de procédé d'affaire et notation (BPMN) et la modélisation objet-rôle (ORM), qui sont maintenant des outils courants[2]. Les sous-classes/superclasses (c.-à-d. les relations de généralisation/spécialisation) en sont un exemple (Goldstein & Storey 1992, Smith & Smith 1977). De même, nous

[2] *NdT* : les sigles sont ceux des expressions en anglais : ER (*Entity-Relationship Diagram*) ; UML (*Unified Modeling Language*) ; BPMN (*Business Process Model and Notation*) ; ORM (*Object-Role Modeling*).

soutenons que le construit « système » a le potentiel de devenir un autre construit fondamental et indispensable dans un monde de plus en plus complexe.

Bien sûr, il est déjà possible de modéliser des composantes d'un système (par exemple, les parties d'un tout) en utilisant des approches conventionnelles, telles que les diagrammes ER ou UML. Cependant, comme nous le démontrons dans l'article, les approches de modélisation conceptuelle traditionnelles ont du mal à modéliser de nombreux aspects des systèmes tels que l'*émergence*. De plus, même si la notion de système est omniprésente dans le discours de la modélisation conceptuelle, il y a peu de conseils pour les modélisateurs sur la façon de modéliser correctement les systèmes. Ce problème est exacerbé par le manque de consensus et de clarté à propos du construit « système » et de ces construits connexes.

Pour suivre le rythme effréné de l'informatisation des entreprises et de la société, il est important de continuer à affiner la modélisation conceptuelle pour la rendre plus expressive dans les cas où une modélisation plus explicite et plus complète des systèmes est bénéfique. Étant donné que ces scénarios sont omniprésents, une modélisation plus explicite des systèmes devient urgente.

Dans cette étude, nous proposons un ensemble de notions de base liées au construit de *système*, celui-ci étant considéré comme une notion primitive en modélisation conceptuelle, nous expliquons les limites des langages de modélisation existants et nous décrivons les initiatives de recherche qui pourraient intégrer davantage le construit de système en modélisation conceptuelle. Sur la base de fondements théoriques, nous proposons un modèle CESM+ pour la modélisation conceptuelle fondée sur des systèmes. Plusieurs nouvelles notations de modélisation conceptuelle sont introduites pour les praticiens et en tant que contribution à de futures recherches universitaires. La modélisation systémiste est analysée à l'aide d'une étude de cas du développement d'une plateforme de science citoyenne. Nous proposons ensuite quelques règles méthodologiques pour les concepteurs ainsi qu'un programme de recherche en modélisation conceptuelle.

1] Contexte

1.1] Les construits en modélisation conceptuelle

La recherche et la pratique en modélisation conceptuelle ont maintenant plus de cinquante ans, avec des langages de modélisa-

les dépendances entre les tâches des acteurs doivent être décrites en détail à l'aide des composantes d'un modèle BPMN (niveau PIM, traitant de la fonctionnalité du système). Les données intervenant dans ces processus BPMN doivent être identifiées et représentées par un modèle de données (par exemple, un modèle ER, conforme à un niveau PIM du point de vue de la structure des données).

Ces différents niveaux représentent en réalité différentes perspectives de l'ensemble. Il est crucial de préserver ces perspectives dans le cadre d'un systémisme unifié. En effet, une traçabilité fiable, fondée sur le plan conceptuel, entre les différents niveaux d'abstraction utilisés dans le processus de description d'un système, est essentielle pour obtenir une conception informatique solide. La notion de système peut aider à traiter conceptuellement les processus de transformation des modèles reposant sur MDA, et à évaluer leur qualité en fournissant une perspective holistique, malheureusement trop souvent ignorée. D'autres recherches pourraient considérer les avantages et les limites de l'adoption d'une perspective systémiste dans les contextes MDD/MDA.

6] Conclusion

En réponse aux exigences croissantes en matière de développement des technologies de l'information, cet article a fait valoir la nécessité de modéliser une notion négligée, celle de système, en tant que construit fondamental en modélisation conceptuelle. Le construit de système repose sur des principes ontologiques qui lui servent de fondement. L'approche systémiste proposée a été illustrée par l'analyse d'une étude de cas concernant le développement d'une application de science citoyenne. Cette analyse a montré qu'une modélisation qui tient compte des systèmes semble être un moyen efficace de faire face à notre réalité en constante évolution et de plus en plus complexe. Les règles méthodologiques proposées sont fondées sur un ensemble de besoins de modélisation, dont la nécessité de modéliser la complexité des réalités aussi bien concrètes que numériques. Dans l'ensemble, l'approche systémiste nécessitera de revoir des construits bien établis afin de faire progresser la modélisation et ainsi offrir de nouvelles opportunités pour la recherche et la pratique en modélisation conceptuelle.

Remerciements. Nous tenons à remercier le rédacteur en chef, Carson Woo, et trois réviseurs anonymes pour leurs commentaires exceptionnellement perspicaces et constructifs. Les améliorations substantielles qui en sont résultées ont été beaucoup plus importantes que ce à quoi nous nous attendons d'un processus de révision. Nous souhaitons remercier les participants de www.nlnature.com (maintenant inactifs) pour leurs observations de la faune de 2010 à 2022. Nous remercions également Jeffrey Parsons et Yolanda Wiersma, les co-chercheurs du projet NLNature. Nous sommes reconnaissants au regretté Mario Bunge ainsi qu'à Ron Weber avec lesquels nous avons discuté des notions ontologiques qui sont à la source de cet article. Nous tenons également à remercier les participants et les réviseurs de AIS SIGSAND et de la conférence ER pour leurs commentaires et leurs suggestions des versions antérieures de cette étude. Cette recherche a bénéficié du soutien de la McIntire School of Commerce (Université de Virginie), du J. Mack Robinson College of Business (Université d'État de Géorgie), de la VRAIN Research Institute (Université polytechnique de Valence) et de la Généralité valencienne (dans le cadre du projet CoMoDiD, CIPROM/2021/023).

Références

Ackoff R.L. (1971), « Towards a system of systems concepts », *Management science*, 17(11), p. 661-671.

Ackoff R.L. & Emery F.E. (2005), *On purposeful systems: An interdisciplinary analysis of individual and social behavior as a system of purposeful events*, Transaction Publishers.

Aguirre-Urreta M.I. & Marakas G.M. (2008), « Comparing conceptual modeling techniques: a critical review of the EER vs. OO empirical literature », *ACM SIGMIS Database*, 39(2), p. 9-32.

Ahmed F., Zviedrite N. & Uzicanin A. (2018), « Effectiveness of workplace social distancing measures in reducing influenza transmission: a systematic review », *BMC public health*, 18(1), p. 1-13.

Aikin S.F. (2005), « Who is afraid of epistemology's regress problem? », *Philosophical Studies*, 126(2), p. 191-217.

Albert M., Pelechano V., Fons J., Ruiz M. & Pastor O. (2003), « Implementing UML association, aggregation, and composition. A particular interpretation based on a multidimensional framework », p. 143-158.

Ali S., Yue T. & Abreu R. (2022), « When software engineering meets quantum computing », *Communications of the ACM*, 65(4), p. 84-88.

Alter S. (2013), « Work system theory: overview of core concepts, extensions, and challenges for the future », *Journal of the Association for Information Systems*, 14(2), p. 72.

Alter S. (2015), « A workaround design system for anticipating, designing, and/or preventing workarounds », *in Enterprise, business-process and information systems modeling*, Springer, p. 489-498.

Alter S. (2021), « Framework for Describing a Theoretical Perspective: Application to the Bunge-Wand-Weber Ontology and General Systems Theory », *Australasian Conference on Information System*, p. 1-11.

Ambler S.W. (2003), «Agile model driven development is good enough», *IEEE software*, 20(5), p. 71-73.

Arazy O. & Nov O. (2010), «Determinants of wikipedia quality: the roles of global and local contribution inequality», *Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work*, p. 233-236.

Arazy O., Nov O., Patterson R. & Yeo L. (2011), «Information Quality in Wikipedia: The Effects of Group Composition and Task Conflict», *Journal of Management Information Systems*, 27(4), p. 71-98.

Arnold R.D. & Wade J.P. (2015), «A definition of systems thinking: A systems approach», *Procedia computer science*, 44, p. 669-678.

Atkinson C., Gerbig R. & Fritzsche M. (2015), «A multi-level approach to modeling language extension in the enterprise systems domain», *Information Systems*, 54, p. 289-307.

Austin J.L. (1975), *How to Do Things with Words*, J.O. Urmson & M. Sbisà (dir.), Harvard University Press.

Avdiji H., Elikan D., Missonier S. & Pigneur Y. (2020), «A Design Theory for Visual Inquiry Tools», *Journal of the Association for Information Systems*, 21(3), p. 1-34.

Azevedo C.L., Iacob M.-E., Almeida J.P.A., Sinderen M. van, Pires L.F. & Guizzardi G. (2015), «Modeling resources and capabilities in enterprise architecture: A well-founded ontology-based proposal for ArchiMate», *Information systems*, 54, p. 235-262.

Bailey J.E. (1991), «Toward a science of metabolic engineering», *Science*, 252(5013), p. 1668-1675.

Balmelli L. (2007), «An overview of the systems modeling language for products and systems development», *Journal of Object Technology*, 6(6), p. 149-177.

Bandini S., Manzoni S. & Vizzari G. (2009), «Agent based modeling and simulation: an informatics perspective», *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(4), p. 4.

Basden A. & Wood-Harper A.T. (2006), «A philosophical discussion of the root definition in soft systems thinking: an enrichment of CATWOE», *Systems Research and Behavioral Science: The Official Journal of the International Federation for Systems Research*, 23(1), p. 61-87.

Batra D. (2007), «Cognitive complexity in data modeling: causes and recommendations», *Requirements Engineering*, 12(4), p. 231-244.

Bedau M.A. (1997), «Weak emergence», *Philosophical perspectives*, 11, p. 375-399.

Bera P., Soffer P. & Parsons J. (2019), «Using Eye Tracking to Expose Cognitive Processes in Understanding Conceptual Models», *MIS Quarterly*, 43(4), p. 1105-1126.

Bergvall-Kåreborn B., Mirijamdotter A. & Basden A. (2004), «Basic principles of SSM modeling: an examination of CATWOE from a soft perspective», *Systemic Practice and Action Research*, 17(2), p. 55-73.

Bertalanffy L. von (1968), «General system theory: Foundations, development, applications», *Braziller, New York*.

Bertalanffy L. von & Sutherland J.W. (1974), «General systems theory: Foundations, developments, applications», *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, (6), p. 592-592.

Beydeda S., Book M. & Gruhn V. (2005), *Model-driven software development*, Springer.
Bider I., Johannesson P., Soffer P. & Wand Y. (2005), « On the notion of soft-goals in business process modeling », *Business Process Management Journal*.
Björgvinsson E., Ehn P. & Hillgren P.-A. (2012), « Agonistic participatory design: working with marginalised social movements », *CoDesign*, 8(2-3), p. 127-144.
Bliss R.L. (2013), « Viciousness and the Structure of Reality », *Philosophical studies*, 166(2), p. 399-418.
Bodart F., Patel A., Sim M. & Weber R. (2001), « Should Optional Properties Be Used in Conceptual Modelling? A Theory and Three Empirical Tests », *Information Systems Research*, 12(4), p. 384-405.
Bonney R., Shirk J.L., Phillips T.B., Wiggins A., Ballard H.L., Miller-Rushing A.J. & Parrish J.K. (2014), « Next steps for citizen science », *Science*, 343(6178), p. 1436-1437.
Bork D. (2022), « Conceptual Modeling and Artificial Intelligence: Challenges and Opportunities for Enterprise Engineering », *Enterprise Engineering Working Conference*, p. 3-9.
Bostrom R.P. & Heinen J.S. (1977), « MIS problems and failures: A socio-technical perspective. Part I: The causes », *MIS Quarterly*, 1(3), p. 17-32.
Bowker G.C., Timmermans S., Clarke A.E. & Balka E. (2016), *Boundary objects and beyond: Working with Leigh Star*, MIT press.
Bowser A. *et al.* (2017), « Accounting for privacy in citizen science: Ethical research in a context of openness », *Proc. of CSCW 2017*.
Bratteteig T. & Wagner I. (2014), *Disentangling Participation: Power and Decision-making in Participatory Design*, Springer International Publishing.
Briand L.C., Labiche Y. & Cui J. (2005), « Automated support for deriving test requirements from UML statecharts », *Software & Systems Modeling*, 4(4), p. 399-423.
Bunge M. & Ardila R. (2012), *Philosophy of Psychology*, Springer New York.
Bunge M.A. (1945), « Neutron-Proton Scattering at 8· 8 and 13 MeV », *Nature*, 156(3958), p. 301-301.
Bunge M.A. (1974), *Treatise on Basic Philosophy: Semantics I: Sense and Reference*, Springer Netherlands (Treatise on Basic Philosophy).
Bunge M.A. (1977), *Treatise on basic philosophy: Ontology I: the furniture of the world*, Reidel.
Bunge M.A. (1979), *Treatise on Basic Philosophy: Ontology II: A World of Systems.*, Reidel Publishing Company.
Bunge M.A. (1989), *Treatise on Basic Philosophy: Ethics: The Good and The Right*, Springer Netherlands (Treatise on Basic Philosophy).
Bunge M.A. (1996), *Finding philosophy in social science*, Yale University Press.
Bunge M.A. (1998), *Philosophy of Science: From explanation to justification*, Transaction Publishers.
Bunge M.A. (2003a), *Emergence and convergence: Qualitative novelty and the unity of knowledge*, University of Toronto Press.
Bunge M.A. (2003b), *Philosophical dictionary*, Prometheus Books.
Bunge M.A. (2006), *Chasing reality: strife over realism*, University of Toronto Press.
Bunge M.A. (2016), *Between two worlds: Memoirs of a philosopher-scientist*, Springer.

Bunge M.A. (2017), *Philosophy of Science: Volume 2, From Explanation to Justification*, Routledge.

Bunge M.A., Denegri G.M., Ortiz E.L., Droste H.W., Cordero A., Deleporte P., Manzano M., Moreno M.C. & Raynaud D. (2019), *Mario Bunge: A Centenary Festschrift*, M. Matthews (dir.), Nature Springer.

Burgess H., DeBey L., Froehlich H., Schmidt N., Theobald E., Ettinger A., HilleRisLambers J., Tewksbury J. & Parrish J. (2017), «The science of citizen science: Exploring barriers to use as a primary research tool», *Biological Conservation*, 208(1), p. 1-8.

Burton-Jones A., Clarke R., Lazarenko K. & Weber R. (2013), «Is Use of Optional Attributes and Associations in Conceptual Modeling Always Problematic? Theory and Empirical Tests», *International Conference on Information Systems*, p. 1-14.

Burton-Jones A. & Grange C. (2012), «From use to effective use: A representation theory perspective», *Information Systems Research*, 24(3), p. 632-658.

Burton-Jones A., McLean E.R. & Monod E. (2015), «Theoretical perspectives in IS research: from variance and process to conceptual latitude and conceptual fit», *European journal of information systems*, 24(6), p. 664-679.

Burton-Jones A. & Meso P.N. (2008), «The Effects of Decomposition Quality and Multiple Forms of Information on Novices' Understanding of a Domain from a Conceptual Model», *Journal of the Association for Information Systems*, 9(12), p. 748-802.

Burton-Jones A., Recker J., Indulska M., Green P. & Weber R. (2017), «Assessing representation theory with a framework for pursuing success and failure», *MIS Quarterly*, 41(4), p. 1307-1333.

Burton-Jones A., Wand Y. & Weber R. (2009), «Guidelines for Empirical Evaluations of Conceptual Modeling Grammars», *Journal of the Association for Information Systems*, 10(6), p. 495-532.

Burton-Jones A. & Weber R. (2014), «Building conceptual modeling on the foundation of ontology», *in Computing handbook: information systems and information technology*, CRC Press, p. 15.1-15.24.

Caley P., Philp D.J. & McCracken K. (2008), «Quantifying social distancing arising from pandemic influenza», *Journal of the Royal Society Interface*, 5(23), p. 631-639.

Cameron R.P. (2008), «Turtles all the way down: Regress, priority and fundamentality», *The Philosophical Quarterly*, 58(230), p. 1-14.

Castellanos A., Tremblay M., Lukyanenko R. & Samuel B. (2020), «Basic Classes in Conceptual Modeling: Theory and Practical Guidelines», *Journal of the Association for Information Systems*, 21(4), p. 1001-1044.

Cesare S. de, Henderson-Sellers B., Partridge C. & Lycett M. (2015), «Improving model quality through foundational ontologies: two contrasting approaches to the representation of roles», p. 304-314.

Cesare S. de & Partridge C. (2016), «BORO as a Foundation to Enterprise Ontology», *Journal of Information Systems*, 30(2), p. 83-112.

Chang M.K. & Woo C.C. (1994), «A speech-act-based negotiation protocol: design, implementation, and test use», *ACM Transactions on Information Systems*, 12(4), p. 360-382.

Chatterjee S., Sarker S., Lee M.J., Xiao X. & Elbanna A. (2021), «A possible conceptualization of the information systems (IS) artifact: A general systems theory perspective 1», *Information Systems Journal*, 31(4), p. 550-578.

Checkland P. (1999), *Soft Systems Methodology: A 30 year Retrospective. Systems Thinking*, Wiley.

Chen P. (1976), «The entity-relationship model - toward a unified view of data», *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1), p. 9-36.

Chua C.E.H., Indulska M., Lukyanenko R., Maass W. & Storey V.C. (2022), «Data Management», *MISQ Quarterly Online*, p. 1-10.

Clark J. & Cohen M. (2017), «The Century of Complexity», *Beshara Magazine*, 7 juillet.

Corning P.A. (2002), «The re-emergence of "emergence": A venerable concept in search of a theory», *Complexity*, 7(6), p. 18-30.

Curtis B., Kellner M.I. & Over J. (1992), «Process modeling», *Communications of the ACM*, 35(9), p. 75-90.

Daneva M., Van Der Veen E., Amrit C., Ghaisas S., Sikkel K., Kumar R., Ajmeri N., Ramteerthkar U. & Wieringa R. (2013), «Agile requirements prioritization in large-scale outsourced system projects: An empirical study», *Journal of systems and software*, 86(5), p. 1333-1353.

Davies I., Green P., Rosemann M., Indulska M. & Gallo S. (2006), «How do practitioners use conceptual modeling in practice? », *Data & Knowledge Engineering*, 58(3), p. 358-380.

DeCandia G., Hastorun D., Jampani M., Kakulapati G., Lakshman A., Pilchin A., Sivasubramanian S., Vosshall P. & Vogels W. (2007), «Dynamo: amazon's highly available key-value store», *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 41, p. 205-220.

Delcambre L.M., Liddle S.W., Pastor O. & Storey V.C. (2021), «Articulating Conceptual Modeling Research Contributions», p. 45-60.

Dietz J.L.G. (2006), *Enterprise Ontology: Theory and Methodology*, Springer.

Dissanayake I., Nerur S., Singh R. & Lee Y. (2019), «Medical crowdsourcing: Harnessing the "wisdom of the crowd" to solve medical mysteries», *Journal of the Association for Information Systems*, 20(11), p. 4.

Dobing B. & Parsons J. (2006), «How UML is used», *Communications of the ACM*, 49(5), p. 109-113.

Domingos P. (2015), *The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*, Basic Books.

Dori D. & Sillitto H. (2017), «What is a system? An ontological framework», *Systems Engineering*, 20(3), p. 207-219.

Dubin R. (1978), *Theory building*, Free Press.

Dumas M., La Rosa M., Mendling J. & Reijers H.A. (2013), *Fundamentals of business process management*, Springer.

Eriksson O. & Agerfalk P.J. (2010), «Rethinking the Meaning of Identifiers in Information Infrastructures», *Journal of the Association for Information Systems*, 11(8), p. 433-454.

Eriksson O. & Agerfalk P.J. (2021), «Speaking things into existence: ontological foundations of identity representation and management», *Information Systems Journal*, 35(1), p. 1-30.

Eriksson O., Johannesson P. & Bergholtz M. (2019), «The case for classes and instances-a response to representing instances: the case for reengineering conceptual modelling grammars», *European Journal of Information Systems*, 28(6), p. 681-693.

Ethier S.N. & Kurtz T.G. (2009), *Markov processes: characterization and convergence*, John Wiley & Sons.

Evermann J. & Wand Y. (2001), «Towards ontologically based semantics for UML constructs», *Conceptual Modeling—ER 2001*, p. 354-367.

Evermann J. & Wand Y. (2006), «Ontological modeling rules for UML: An empirical assessment», *Journal of Computer Information Systems*, 46, p. 14-29.

Fang Y. & Neufeld D. (2009), «Understanding sustained participation in open source software projects», *Journal of Management Information Systems*, 25(4), p. 9-50.

Fayoumi A. & Williams R. (2021), «An integrated socio-technical enterprise modelling: A scenario of healthcare system analysis and design», *Journal of Industrial Information Integration*, 23, p. 100221.

Fettke P. (2009), «How conceptual modeling is used», *Communications of the Association for Information Systems*, 25(1), p. 43.

Fettke P. (2020), «Conceptual Modelling and Artificial Intelligence: Overview and research challenges from the perspective of predictive business process management.», p. 157-164.

Fielden M.A., Chaulk A.C., Bassett K., Wiersma Y.F., Erbland M., Whitney H. & Chapman T.W. (2015), «Aedes japonicus japonicus (Diptera: Culicidae) arrives at the most easterly point in North America», *The Canadian Entomologist*, 147(06), p. 737-740.

Fortson L., Masters K., Nichol R., Borne K., Edmondson E., Lintott C., Raddick J., Schawinski K. & Wallin J. (2011), «Galaxy Zoo: Morphological Classification and Citizen Science», *Advances in Machine Learning and Data Mining for Astronomy*, p. 1-11.

Friedenthal S., Moore A. & Steiner R. (2014), *A practical guide to SysML: the systems modeling language*, Morgan Kaufmann.

Frost J.H. & Massagli M.P. (2008), «Social uses of personal health information within PatientsLikeMe, an online patient community: what can happen when patients have access to one another's data», *Journal of Medical Internet Research*, 10(3),.

Galbraith J.R. (2014), *Designing Organizations: Strategy, Structure, and Process at the Business Unit and Enterprise Levels*, Wiley.

Gemino A. & Wand Y. (1997), «Empirical comparison of object-oriented and dataflow models», *Proceedings of the eighteenth international conference on Information systems*, p. 446-447.

Gemino A. & Wand Y. (2005), «Complexity and clarity in conceptual modeling: comparison of mandatory and optional properties», *Data & Knowledge Engineering*, 55(3), p. 301-326.

Gerring J. (2008), «The mechanismic worldview: Thinking inside the box», *British journal of political science*, 38(1), p. 161-179.

Giannoulis C. & Zdravkovic J. (2011), «Modeling strategy maps and balanced scorecards using istar», p. 90-95.

Gigerenzer G. & Todd P.M. (1999), *Simple heuristics that make us smart*, Oxford University Press USA.
Gilovich T., Griffin D. & Kahneman D. (2002), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*, Cambridge University Press.
Goldstein R.C. & Storey V.C. (1992), « Unravelling is-a structures », *Information Systems Research*, 3(2), p. 99-126.
Goldstein R.C. & Storey V.C. (1994), « Materialization [database design] », *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 6(5), p. 835-842.
Goldstein R.C. & Storey V.C. (1999), « Data abstractions: Why and how? », *Data & Knowledge Engineering*, 29(3), p. 293-311.
Gonzalez-Perez C. (2015), « How Ontologies Can Help in Software Engineering », *International Summer School on Generative and Transformational Techniques in Software Engineering*, p. 26-44.
Gottlob G., Schrefl M. & Rock B. (1996), « Extending object-oriented systems with roles », *ACM Transactions on Information Systems*, 14(3), p. 268-296.
Green P. *et al.* (2011), « Complementary use of modeling grammars », *Scandinavian Journal of Information Systems*, 23(1), p. 59-86.
Groom Q., Weatherdon L. & Geijzendorffer I.R. (2017), « Is citizen science an open science in the case of biodiversity observations? », *Journal of Applied Ecology*, 54(2), p. 612-617.
Guarino N. (1998), « Formal ontology and information systems », 98, p. 81-97.
Guarino N., Guizzardi G. & Mylopoulos J. (2020), « On the philosophical foundations of conceptual models », *Information Modelling and Knowledge Bases*, 31(321), p. 1.
Guizzardi G. (2005), *Ontological foundations for structural conceptual models*, Telematics Instituut Fundamental Research Series.
Guizzardi G. & Proper H.A. (2021), « On Understanding the Value of Domain Modeling », *Proceedings of 15th International Workshop on Value Modelling and Business Ontologies (VMBO 2021).*
Guizzardi G. & Wagner G. (2008), « What's in a relationship: an ontological analysis », *International Conference on Conceptual Modeling*, p. 83-97.
Guizzardi G., Wagner G., Almeida J.P.A. & Guizzardi R.S. (2015), « Towards ontological foundations for conceptual modeling: the unified foundational ontology (UFO) story », *Applied ontology*, 10(3-4), p. 259-271.
Gura T. (2013), « Citizen science: amateur experts », *Nature*, 496(7444), p. 259-261.
Habli I., Wu W., Attwood K. & Kelly T. (2007), « Extending argumentation to goal-oriented requirements engineering », p. 306-316.
Hadar I. & Soffer P. (2006), « Variations in conceptual modeling: classification and ontological analysis », *Journal of the Association for Information Systems*, 7(8), p. 20.
Halpin T. (1995), « Comparing Data Modeling Formalisms », *Communications of the ACM*, 38(10), p. 18-18.
Halpin T. (2007), « Fact-oriented modeling: Past, present and future », *Conceptual Modelling in Information Systems Engineering*, p. 19-38 342.
Hammond D. (2010), *The science of synthesis: Exploring the social implications of general systems theory*, University Press of Colorado.
Hansen S., Berente N. & Lyytinen K. (2007), « Wikipedia as rational discourse: an illustration of the emancipatory potential of information systems », *System*

Sciences, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on, p. 253-253.

Harari Y.N. (2016), *Homo Deus: A brief history of tomorrow*, Random House.

Harel D. (1987), « Statecharts: A visual formalism for complex systems », *Science of computer programming*, 8(3), p. 231-274.

Hawking S. & Mlodinow L. (2010), *The grand design*, Random House Digital, Inc.

Henderson-Sellers B. (2015), « Why Philosophize; Why not Just Model? », *in Conceptual Modeling*, Springer, p. 3-17.

Horkoff J. & Eric S. (2008), « Qualitative, Interactive, Backward Analysis of i* Models. », p. 43-46.

Hvalshagen M., Lukyanenko R. & Samuel B.M. (Forthcoming), « Empowering Users with Narratives: Examining The Efficacy Of Narratives For Understanding Data-Oriented Conceptual Models », *Information Systems Research*, p. 1-38.

Hvalshagen M., Samuel B.M. & Lukyanenko R. (2017), « Conceptual Data Models and Narratives: A Tool to Help the Tool », *SIGSAND Symposium*, p. 1-10.

Idreos S. & Callaghan M. (2020), « Key-value storage engines », *Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, p. 2667-2672.

Iivari N. (2011), « Participatory design in OSS development: interpretive case studies in company and community OSS development contexts », *Behaviour & Information Technology*, 30(3), p. 309-323.

Jabbari M., Recker J., Green P. & Werder K. (2022), « How do Individuals Understand Multiple Conceptual Modeling Scripts? », *Journal of the Association for Information Systems*, 23(4), p. 1037-1070.

Janson M.A. & Woo C.C. (1995), « Comparing IS development tools and methods: Using speech act theory », *Information & Management*, 28(1), p. 1-12.

Janson M.A. & Woo C.C. (1996), « A speech act lexicon: An alternative use of speech act theory in information systems », *Information Systems Journal*, 6(4), p. 301-329.

Johnson S. (2002), *Emergence: The connected lives of ants, brains, cities, and software*, Simon and Schuster.

Jukic N., Vrbsky S., Nestorov S. & Sharma A. (2019), *Database Systems: Introduction to Databases and Data Warehouses*, Prospect Press.

Kallinikos J. & Tempini N. (2014), « Patient data as medical facts: Social media practices as a foundation for medical knowledge creation », *Information Systems Research*, 25(4), p. 817-833.

Kast F.E. & Rosenzweig J.E. (1972), « General systems theory: Applications for organization and management », *Academy of management journal*, 15(4), p. 447-465.

Kaul M., Storey V.C. & Woo C. (2017), « A Framework for managing complexity in information systems », *Journal of Database Management*, 28(1), p. 31-42.

Khatri V., Vessey I., Ramesh V., Clay P. & Park S.-J. (2006), « Understanding Conceptual Schemas: Exploring the Role of Application and IS Domain Knowledge », *Information Systems Research*, 17(1), p. 81-99.

Kim Y.-G. & March S.T. (1995), « Comparing data modeling formalisms », *Communications of the ACM*, 38(6), p. 103-115.

Kitchens B., Johnson S.L. & Gray P. (2020), « Understanding Echo Chambers and Filter Bubbles: The Impact of Social Media on Diversification and Partisan Shifts in News Consumption. », *MIS Quarterly*, 44(4),.

Kroes P. (2012), *Technical artefacts: Creations of mind and matter: A philosophy of engineering design*, Springer Science & Business Media.

Lankhorst M.M., Proper H.A. & Jonkers H. (2010), « The anatomy of the archimate language », *International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD)*, 1(1), p. 1-32.

Lee A.S., Thomas M. & Baskerville R.L. (2015), « Going back to basics in design science: from the information technology artifact to the information systems artifact », *Information Systems Journal*, 25(1), p. 5-21.

Levina N. & Arriaga M. (2014), « Distinction and Status Production on User-Generated Content Platforms: Using Bourdieu's Theory of Cultural Production to Understand Social Dynamics in Online Fields », *Information Systems Research*, 25(3), p. 468-488.

Levy M. & Germonprez M. (2017), « The Potential for Citizen Science in Information Systems Research », *Communications of the Association for Information Systems*, 40(1), p. 2.

Lewandowski E. & Specht H. (2015), « Influence of volunteer and project characteristics on data quality of biological surveys », *Conservation Biology*, 29(3), p. 713-723.

Limonad L. & Wand Y. (2008), « Extending Business Process Models with Controls », *SIGSAND 2008*, p. 131.

Luhmann N. (1995), *Social Systems*, Stanford University Press.

Luhmann N. (2018), *Trust and power*, John Wiley & Sons.

Lukyanenko R., Castellanos A., Parsons J., Tremblay M.C. & Storey V.C. (2019), « Using conceptual modeling to support machine learning », *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*, p. 170-181.

Lukyanenko R. & Parsons J. (2012), « Conceptual modeling principles for crowdsourcing », *International Workshop on Multimodal Crowdsensing*, p. 3-6.

Lukyanenko R. & Parsons J. (2018), « Beyond Micro-Tasks: Research Opportunities in Observational Crowdsourcing », *Journal of Database Management (JDM)*, 29(1), p. 1-22.

Lukyanenko R. & Parsons J. (2020a), « Easier Crowdsourcing Is Better: Designing Crowdsourcing Systems to Increase Information Quality and User Participation », *in Design Science Research. Cases*, Springer.

Lukyanenko R. & Parsons J. (2020b), « Design Theory Indeterminacy: What is it, how can it be reduced, and why did the polar bear drown? », *Journal of the Association for Information Systems*, 21(5), p. 1-30.

Lukyanenko R., Parsons J. & Samuel B.M. (2018), « Artifact Sampling in Experimental Conceptual Modeling Research », *EmpER'18 - First International Workshop on Empirical Methods in Conceptual Modeling*.

Lukyanenko R., Parsons J. & Samuel B.M. (2019), « Representing Instances: The Case for Reengineering Conceptual Modeling Grammars », *European Journal of Information Systems*, 28(1), p. 68-90.

Lukyanenko R., Parsons J. & Wiersma Y. (2014), « The IQ of the Crowd: Understanding and Improving Information Quality in Structured User-generated Content », *Information Systems Research*, 25(4), p. 669-689.

Lukyanenko R., Parsons J., Wiersma Y. & Maddah M. (2019), « Expecting the Unexpected: Effects of Data Collection Design Choices on the Quality of Crowdsourced User-generated Content», *MIS Quarterly*, 43(2), p. 634-647.

Lukyanenko R. *et al.* (2017), « Representing Crowd Knowledge: Guidelines for Conceptual Modeling of User-generated Content», *Journal of the Association for Information Systems*, 18(4),.

Lukyanenko R. & Samuel B.M. (2017), « Are all Classes Created Equal? Increasing Precision of Conceptual Modeling Grammars», *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 40(2), p. 1-25.

Lukyanenko R., Storey V.C. & Pastor O. (2021), « Foundations of information technology based on Bunge's systemist philosophy of reality», *Software and Systems Modeling*, 20(1), p. 921-938.

Lukyanenko R. & Weber R. (2022), « A Realist Ontology of Digital Objects and Digitalized Systems», *"Digital First" Era — A Joint AIS SIGSAND/SIGPrag Workshop*, p. 1-5.

Lyytinen K. & Newman M. (2008), « Explaining information systems change: a punctuated socio-technical change model», *European Journal of Information Systems*, 17(6), p. 589-613.

Maass W. & Storey V.C. (2021), « Pairing conceptual modeling with machine learning», *Data & Knowledge Engineering*, p. 101-123.

Malinova M. & Mendling J. (2021), « Cognitive Diagram Understanding and Task Performance in Systems Analysis and Design», *MIS Quarterly*, 45(4), p. 2101-2157.

March S. & Allen G. (2012), « Toward a social ontology for conceptual modeling», *11th Symposium on Research in Systems Analysis and Design*, p. 57-62.

March S.T. & Allen G.N. (2014), « Toward a social ontology for conceptual modeling», *Communications of the AIS*, 34(1), p. 1-30.

Markovits H. & Vachon R. (1990), « Conditional reasoning, representation, and level of abstraction.», *Developmental Psychology*, 26(6), p. 942.

Matrajt L. & Leung T. (2020), « Evaluating the effectiveness of social distancing interventions to delay or flatten the epidemic curve of coronavirus disease», *Emerging infectious diseases*, 26(8), p. 1740.

Matthews M.R. (2019), « Mario Bunge: An ntroduction to his life, work and achievements», *in Mario Bunge: A Centenary Festschrift*, Nature Springer, p. 1-28.

Mayer R.E. (2002), « Multimedia learning», *in Psychology of learning and motivation*, Elsevier, p. 85-139.

Mayer R.E. & Moreno R. (2003), « Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning», *Educational psychologist*, 38(1), p. 43-52.

Mayr H.C. & Thalheim B. (2020), « The triptych of conceptual modeling», *Software and Systems Modeling*, p. 1-18.

Mele C., Pels J. & Polese F. (2010), « A brief review of systems theories and their managerial applications», *Service science*, 2(1-2), p. 126-135.

Moe N.B., Šmite D., Hanssen G.K. & Barney H. (2014), « From offshore outsourcing to insourcing and partnerships: four failed outsourcing attempts», *Empirical Software Engineering*, 19(5), p. 1225-1258.

Monu K. & Woo C. (2005), « Intelligent agents as a modeling paradigm», *ICIS 2005 Proceedings*, p. 167-179.

Moody D.L. (2009), «The "physics" of notations: toward a scientific basis for constructing visual notations in software engineering», *Software Engineering, IEEE Transactions on*, 35(6), p. 756-779.

Motschnig-Pitrik R. & Storey V.C. (1995), «Modelling of set membership: The notion and the issues», *Data & Knowledge Engineering*, 16(2), p. 147-185.

Mumford E. (2006), «The story of socio-technical design: Reflections on its successes, failures and potential», *Information Systems Journal*, 16(4), p. 317-342.

Mylopoulos J. (1992), «Conceptual Modeling and Telos», *in* P. Loucopoulos & R. Zicari (dir.), John Wiley & Sons, Inc., (Conceptual modeling, databases, and CASE: an integrated view of information systems development), p. 49-68.

Mylopoulos J. (1998), «Information modeling in the time of the revolution», *Information Systems*, 23(3–4), p. 127-155.

Nan N. (2011), «Capturing bottom-up information technology use processes: A complex adaptive systems model», *MIS quarterly*, p. 505-532.

Nelson R.R. (2008), «Project retrospectives: Evaluating project success, failure, and everything in between», *MIS Quarterly Executive*, 4(3), p. 5.

Nelson R.R. (2021), «IT Project Management: Lessons Learned from Project Retrospectives 1999–2020 », *Foundations and Trends® in Information Systems*, 4(4), p. 275-381.

Nolan D. (2001), «What's wrong with infinite regresses? », *Metaphilosophy*, 32(5), p. 523-538.

Olivé A. (2007), *Conceptual modeling of information systems*, Springer.

Op't Land M., Proper E., Waage M., Cloo J. & Steghuis C. (2009), «The results of enterprise architecting», *in Enterprise Architecture*, Springer, p. 49-83.

Orlikowski W.J. & Barley S.R. (2001), «Technology and institutions: What can research on information technology and research on organizations learn from each other? », *MIS quarterly*, 14(3), p. 145-165.

Osterwalder A. & Pigneur Y. (2010), *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*, John Wiley & Sons.

Osterwalder A. & Pigneur Y. (2012), «Designing business models and similar strategic objects: the contribution of IS», *Journal of the Association for information systems*, 14(5), p. 3.

Paja E., Maté A., Woo C. & Mylopoulos J. (2016), «Can goal reasoning techniques be used for strategic decision-making? », p. 530-543.

Parsons J. & Wand Y. (2003), «Attribute-based semantic reconciliation of multiple data sources», *Journal on Data Semantics*, 2800, p. 21-47.

Parsons J. (1996), «An Information Model Based on Classification Theory», *Management Science*, 42(10), p. 1437-1453.

Parsons J. & Cole L. (2005), «What do the pictures mean? Guidelines for experimental evaluation of representation fidelity in diagrammatical conceptual modeling techniques», *Data & Knowledge Engineering*, 55(3), p. 327-342.

Parsons J., Lukyanenko R. & Wiersma Y. (2011), «Easier citizen science is better», *Nature*, 471(7336), p. 37-37.

Parsons J. & Wand Y. (1997), «Choosing classes in conceptual modeling», *Communications of the ACM*, 40(6), p. 63-69.

Parsons J. & Wand Y. (2000), «Emancipating Instances from the Tyranny of Classes in Information Modeling», *ACM Transactions on Database Systems*, 25(2), p. 228-268.

Parsons J. & Wand Y. (2012), « Extending Classification Principles from Information Modeling to Other Disciplines», *Journal of the Association for Information Systems*, 14(5), p. 2.

Partridge C., Gonzalez-Perez C. & Henderson-Sellers B. (2013), « Are conceptual models concept models? », p. 96-105.

Pastor O. & Molina J.C. (2007), *Model-driven architecture in practice: a software production environment based on conceptual modeling*, Springer Science & Business Media.

Peckham J. & Maryanski F. (1988), « Semantic data models», *ACM Computing Surveys*, 20(3), p. 153-189.

Post C., Sarala R., Gatrell C. & Prescott J.E. (2020), « Advancing theory with review articles», *Journal of Management Studies*, 57(2), p. 351-376.

Pourali P. & Atlee J.M. (2018), « An empirical investigation to understand the difficulties and challenges of software modellers when using modelling tools», *Proceedings of the 21th ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems*, p. 224-234.

Prestopnik N. & Crowston K. (2012), « Citizen science system assemblages: understanding the technologies that support crowdsourced science», p. 168-176.

Purao S. & Storey V.C. (2005), « A multi-layered ontology for comparing relationship semantics in conceptual models of databases», *Applied Ontology*, 1(1), p. 117-139.

Railsback S.F. & Grimm V. (2019), *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction*, Princeton university press.

Recker J. (2010), « Continued use of process modeling grammars: the impact of individual difference factors», *European Journal of Information Systems*, 19(1), p. 76-92.

Recker J. & Green P. (2019), « How do individuals interpret multiple conceptual models? a theory of combined ontological completeness and overlap», *Journal of the Association for Information Systems*, 20(8), p. 1.

Recker J., Lukyanenko R., Sabegh M.A., Samuel B.M. & Castellanos A. (2021), « From Representation to Mediation: A New Agenda for Conceptual Modeling Research in A Digital World», *MIS Quarterly*, 45(1), p. 269-300.

Recker J., Rosemann M., Green P. & Indulska M. (2011), « Do ontological deficiencies in modeling grammars matter? », *MIS Quarterly*, 35(1), p. 57-79.

Recker J., Rosemann M. & Krogstie J. (2007), « Ontology-versus pattern-based evaluation of process modeling languages: a comparison», *Communications of the Association for Information Systems*, 20(1), p. 48.

Reinhartz-Berger I., Sturm A. & Wand Y. (2012), « Comparing Functionality of Software Systems: An Ontological Approach», *Data & Knowledge Engineering*, (87), p. 320-338.

Saghafi A. & Wand Y. (2014), « Conceptual Models? A Meta-Analysis of Empirical Work», *Hawaii International Conference on System Sciences*, p. 1-15.

Saghafi A., Wand Y. & Parsons J. (2021), « Skipping class: improving human-driven data exploration and querying through instances», *European Journal of Information Systems*, p. 1-29.

Sahay S., Nicholson B. & Krishna S. (2003), *Global IT outsourcing: software development across borders*, Cambridge University Press.

Sales T.P., Guarino N., Guizzardi G. & Mylopoulos J. (2017), «An ontological analysis of value propositions», *EDOC*, p. 184-193.
Samuel B.M., Khatri V. & Ramesh V. (2018), «Exploring the Effects of Extensional Versus Intentional Representations on Domain Understanding», *MIS Quarterly*, 42(4), p. 1187-1209.
Sapia C., Blaschka M., Höfling G. & Dinter B. (1998), «Extending the E/R model for the multidimensional paradigm», p. 105-116.
Searle J.R. (1983), *Intentionality: An essay in the philosophy of mind*.
Searle J.R. (1995a), *The construction of social reality*.
Searle J.R. (1995b), *The construction of social reality*, Simon and Schuster.
Segel E. & Heer J. (2010), «Narrative visualization: Telling stories with data», *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 16(6), p. 1139-1148.
Seiden A. (2005), *Particle physics: a comprehensive introduction*, Addison-Wesley.
Shanks G., Tansley E., Nuredini J., Tobin D. & Weber R. (2008), «Representing part-whole relations in conceptual modeling: an empirical evaluation», *MIS Quarterly*, 32(3), p. 553-573.
Sherrington D. & Kirkpatrick S. (1975), «Solvable model of a spin-glass», *Physical review letters*, 35(26), p. 1792.
Siau K. (2004), «Informational and computational equivalence in comparing information modeling methods», *Journal of Database Management (JDM)*, 15(1), p. 73-86.
Siau K. & Rossi M. (1998), «Evaluation of information modeling methods-a review», 5, p. 314-322.
Skyttner L. (1996), «General systems theory: origin and hallmarks», *Kybernetes*, 26(6), p. 16-22.
Smart J.J. (1949), «The river of time», *Mind*, 58(232), p. 483-494.
Smith J.M. & Smith D.C.P. (1977), «Database abstractions: aggregation and generalization», *ACM Transactions on Database Systems*, 2(2), p. 105-133.
Smyth D.S. & Checkland P.B. (1976), «Using a systems approach: the structure of root definitions», *Journal of applied systems analysis*, 5(1), p. 75-83.
Söderström E., Andersson B., Johannesson P., Perjons E. & Wangler B. (2002), «Towards a framework for comparing process modelling languages», *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*, p. 600-611.
Soffer P., Kaner M. & Wand Y. (2008), «Assigning ontology-based semantics to process models: the case of petri nets», *Advanced Information Systems Engineering*, p. 16-31.
Song I.-Y., Evans M. & Park E. (1995), «A comparative analysis of entity-relationship diagrams», *Journal of Computer and Software Engineering*, 3(4), p. 427-459.
Stirling I. (1998), *Polar bears*, University of Michigan Press.
Storey V.C. (1991a), «Relational database design based on the Entity-Relationship model», *Data & knowledge engineering*, 7(1), p. 47-83.
Storey V.C. (1991b), «Meronymic relationships», *Journal of Database Management (JDM)*, 2(3), p. 22-36.
Storey V.C., Lukyanenko R. & Grange C. (2022), «Fighting Pandemics with Physical Distancing Management Technologies», *Journal of Database Management*, 33(1), p. 1-14.

Storey V.C., Trujillo J.C. & Liddle S.W. (2015), «Research on conceptual modeling: Themes, topics, and introduction to the special issue», *Data and Knowledge Engineering*, (98), p. 1-7.

Sullivan B.L., Wood C.L., Iliff M.J., Bonney R.E., Fink D. & Kelling S. (2009), «eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences», *Biological Conservation*, 142(10), p. 2282-2292.

Susarla A., Oh J.-H. & Tan Y. (2012), «Social Networks and the Diffusion of User-Generated Content: Evidence from YouTube», *Information Systems Research*, 23(1), p. 23-41.

Tabourdeau G. & Grange C. (2020), «From User Acceptance to Social Acceptance», *SIGHCI 2020 Proceedings*, p. 1-10.

Teorey T.J., Yang D. & Fry J.P. (1986), «A logical design methodology for relational databases using the extended entity-relationship model», *ACM Computing Surveys*, 18(2), p. 197-222.

Thalheim B. (2000), *Entity-relationship modeling: foundations of database technology*, Springer.

Topi H. & Ramesh V. (2002), «Human Factors Research on Data Modeling: A Review of Prior Research, An Extended Framework and Future Research Directions», *Journal of Database Management*, 13(2), p. 3-19.

Veltman M.J. (2003), *Facts and mysteries in elementary particle physics*, World Scientific.

Verdonck M., Gailly F., Pergl R., Guizzardi G., Martins B. & Pastor O. (2019), «Comparing traditional conceptual modeling with ontology-driven conceptual modeling: An empirical study», *Information Systems*, 81, p. 92-103.

Vicente-Saez R. & Martinez-Fuentes C. (2018), «Open Science now: A systematic literature review for an integrated definition», *Journal of business research*, 88, p. 428-436.

Wahl T. & Sindre G. (2006), «An analytical evaluation of BPMN using a semiotic quality framework», *Advanced topics in database research*, 5, p. 94-105.

Wand Y. (2008), «Using Object Concepts and UML for Conceptual Modeling», *Advances in Conceptual Modeling–Challenges and Opportunities*, p. 101-102.

Wand Y., Monarchi D.E., Parsons J. & Woo C.C. (1995), «Theoretical foundations for conceptual modelling in information systems development», *Decision Support Systems*, 15(4), p. 285-304.

Wand Y., Storey V.C. & Weber R. (1999), «An ontological analysis of the relationship construct in conceptual modeling», *ACM Transactions on Database Systems*, 24(4), p. 494-528.

Wand Y. & Weber R. (1990a), «Mario Bunge's Ontology as a formal foundation for information systems concepts», *in* P. Weingartner & G. Dorn (dir.), Rodopi (Studies on Mario Bunge's Treatise), p. 123-150.

Wand Y. & Weber R. (1990b), «An Ontological Model of an Information-System», *IEEE Transactions on Software Engineering*, 16(11), p. 1282-1292.

Wand Y. & Weber R. (1993), «On the ontological expressiveness of information systems analysis and design grammars», *Information Systems Journal*, 3(4), p. 217-237.

Wand Y. & Weber R. (1995), «On the Deep-Structure of Information-Systems», *Information Systems Journal*, 5(3), p. 203-223.

Wand Y. & Weber R. (2002), «Research commentary: Information systems and conceptual modeling - A research agenda», *Information Systems Research*, 13(4), p. 363-376.

Wand Y. & Weber R. (2017), «Thirty Years Later: Some Reflections on Ontological Analysis in Conceptual Modeling», *Journal of Database Management (JDM)*, 28(1), p. 1-17.

Weber R. (1997), *Ontological foundations of information systems*, Coopers & Lybrand.

Weick K.E. (1989), «Theory construction as disciplined imagination», *Academy of Management Review*, p. 516-531.

Weick K.E. (1995), «What theory is not, theorizing is», *Administrative Science Quarterly*, 40(3), p. 385-390.

Welty C. & Guarino N. (2001), «Supporting ontological analysis of taxonomic relationships», *Data & Knowledge Engineering*, 39(1), p. 51-74.

Wendel de Joode R. van (2004), «Managing conflicts in open source communities», *Electronic Markets*, 14(2), p. 104-113.

Wicks P., Massagli M., Frost J., Brownstein C., Okun S., Vaughan T., Bradley R. & Heywood J. (2010), «Sharing health data for better outcomes on PatientsLikeMe», *Journal of medical Internet research*, 12(2),.

Wiggins A., Bonney R., Graham E., Henderson S., Kelling S., LeBuhn G., Litauer R., Lots K., Michener W. & Newman G. (2013), «Data management guide for public participation in scientific research».

Winter S., Berente N., Howison J. & Butler B. (2014), «Beyond the organizational 'container': Conceptualizing 21st century sociotechnical work», *Information and Organization*, 24(4), p. 250-269.

Woelfle M., Olliaro P. & Todd M.H. (2011), «Open science is a research accelerator», *Nature chemistry*, 3(10), p. 745-748.

Woo C. (2011), «The role of conceptual modeling in managing and changing the business», *International Conference on Conceptual Modeling*, p. 1-12.

Wyssusek B. (2006), «On Ontological Foundations of Conceptual Modelling.», *Scandinavian Journal of Information Systems*, 18(1), p. 63-80.

Yan J., Hu D., Liao S.S. & Wang H. (2015), «Mining Agents' Goals in Agent-Oriented Business Processes», *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 5(4), p. 20.

Yu E. (2002), «Agent-oriented modelling: software versus the world», *in Agent-Oriented Software Engineering II*, Springer, p. 206-225.

Yu E.S. (2009), «Social Modeling and i», *Conceptual Modeling: Foundations and Applications*, p. 99-121.

Yu X., Zhang Y., Zhang T., Wang L., Hu J., Zhao J. & Li X. (2007), «A model-driven development framework for enterprise Web services», *Information Systems Frontiers*, 9(4), p. 391-409.

Cet article est protégé par une licence Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr) et a été publié pour la première fois en anglais dans *Data & Knowledge Engineering* : https://doi.org/10.1016/j.datak.2022.102062.