

АНОТАЦІЯ

Ннамене Крістофер Чізоба. Комп'ютерна онтологія предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів». – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2021.

Зміст анотації. Дисертація присвячена вирішенню актуального наукового завдання розробки концептуальних, формальних та машинно-інтерпретованих моделей подання та організації знань в інтегрованому онтоорієнтованому інформаційному середовищі для моделювання та опрацювання циклічних сигналів в рамках теорії циклічних функціональних відношень, а також побудові на їх основі прототипу комп'ютерної онтології предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів», що є ядром бази знань таких онтоорієнтованих інформаційних систем як інформаційна довідкова система, експертна система підтримки прийняття рішень та система комп'ютерного моделювання та опрацювання циклічних сигналів.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, наведено зв'язок роботи з науково-дослідною темою, поставлено мету та визначено завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження, наведено перелік методів дослідження, що застосовувались для досягнення мети дисертаційної роботи. Сформульовано наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий творчий внесок здобувача. Подано відомості щодо апробації та опублікування результатів дослідження.

У першому розділі «Огляд та аналіз відомих моделей, методів та засобів побудови онтологій предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів»» на основі огляду та аналізу сучасних наукових та технологічних досягнень в галузі моделювання та опрацювання циклічних сигналів, встановлено, що важливою науковою та прикладною проблемою є розробка інтегрованого інтелектуалізованого інформаційного середовища для моделювання та опрацювання циклічних сигналів, яке уможливить інтеграцію

(систематизацію та структурування) знань в цій предметній області, автоматизує процес моделювання та опрацювання і комп'ютерної імітації циклічних сигналів, інтенсифікує процеси розробки нових та обґрунтованого вибору відомих математичних моделей і методів опрацювання циклічних сигналів в рамках теорії циклічних функціональних відношень.

У розділі проведено компаративний аналіз відомих моделей та технологій подання знань в інтелектуалізованих інформаційних системах, що дало змогу обґрунтувати слушність застосування онтологічного підходу до подання знань предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів», оскільки онтологічний підхід добре узгоджений із аксіоматико-дедуктивною стратегією організації теорії моделювання та опрацювання циклічних сигналів, що суттєво підвищує рівень її структурованості, строгості та формалізованості, полегшує виявлення нових напрямів та регіонів розвитку теорії циклічних функціональних відношень.

Проведено огляд відомих онтологій та онтоорієнтованих інформаційних систем, зокрема, в предметній області моделювання та опрацювання циклічних сигналів, що стало підставою для обґрунтування актуальності дослідження та формулювання наукового завдання розробки концептуальних, формальних та машинно-інтерпретованих моделей подання та організації знань в інтегрованому онтоорієнтованому інформаційному середовищі для моделювання та опрацювання циклічних сигналів в рамках теорії циклічних функціональних відношень, а також побудови на їх основі прототипу комп'ютерної онтології предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів», що є ядром бази знань таких онтоорієнтованих інформаційних систем як інформаційна довідкова система, експертна система підтримки прийняття рішень та система комп'ютерного моделювання та опрацювання циклічних сигналів.

У другому розділі «Концептуальні, формальні та програмно-технологічні засади розробки комп'ютерної онтології предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів»» сформульовано загальні вимоги до розроблюваної онтології предметної області «Моделювання та опрацювання

циклічних сигналів», що дало змогу явно задати сукупність необхідних її властивостей та задати чіткі дослідницькі та проектні орієнтири на всіх етапах її створення. Розроблено узагальнену концептуальну модель предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів», яка на вербально-графічному рівні відображає семантичний простір цієї предметної області та виділяє п'ять її змістовних підпросторів. Встановлено тісний логіко-семантичний взаємозв'язок між цими змістовними просторами та онтологіями, які їх специфікують в машинно-інтерпретовній формі.

Розроблено формальні моделі складових онтології предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів» у вигляді певних реляційних систем. Зокрема, розроблено формальну модель онтології математичних моделей циклічних сигналів, яка включає у себе скінченну множину назв класів циклічних функціональних відношень; функцію інтерпретації, що задає означення відповідних класів циклічних функціональних відношень як складових глосарію; відношення родо-видового підпорядкування, яке задає таксономію (ієрархію) між різними класами циклічних функціональних відношень; вектор унарних відношень, які задають властивості (ознаки, атрибути) відповідного класу циклічних функціональних відношень, та восьмикомпонентний вектор, елементи якого характеризують стан (рівень) пропрацьованості (імплементації, розробки) відповідних інформаційних технологій опрацювання та комп'ютерної симуляції (генерування) циклічних сигналів у рамках відповідного класу циклічних функціональних відношень. Здійснено обґрунтований вибір мови опису онтологій OWL DL та середовища розробки онтологій Protégé як ефективних, зручних у використанні та безкоштовних засобів розробки комп'ютерної онтології предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів», що суттєво інтенсифікує процес розробки відповідної онтології.

У третьому розділі «Комп'ютерна онтологія математичних моделей сигналів циклічної просторово-часової структури на основі методу індукції множини та таксономії класів циклічних функціональних відношень» здійснено

обґрунтування та застосування методу індукції (генерування, породження) множини назв та означень класів циклічних функціональних відношень, а також їх таксономії, що є основними складовими глосарію та множини відношень комп'ютерної онтології математичних моделей циклічних сигналів.

У середовищі Protégé, шляхом упорядкованого багатократного застосування логічної операції поділу родових понять на видові поняття, побудовано множини назв та таксономії видів областей значень, видів атрибутів циклічності, видів областей визначення та видів функцій ритму абстрактного циклічного функціонального відношення, що уможливило застосування методу індукції (генерування, породження) для побудови прототипу комп'ютерної онтології математичних моделей циклічних сигналів.

Шляхом упорядкованого комбінування назв видів області значень, видів атрибутів циклічності, видів області визначення, видів функції ритму в означенні абстрактного циклічного функціонального відношення, у середовищі Protégé побудовано глосарій класів циклічних функціональних відношень як математичних моделей циклічних сигналів, а також побудовано таксономію класів циклічних функціональних відношень, що є важливою складовою комп'ютерної онтології математичних моделей циклічних сигналів та уможливорює підвищення рівня структурованості, формалізованості та машинної інтерпретованості теорії циклічних функціональних відношень.

Розроблено метод побудови векторів властивостей класів циклічних функціональних відношень та векторів рівнів імплементації відповідних цим класам методів та програмних засобів, що задаються як атрибути класів комп'ютерної онтології математичних моделей циклічних сигналів. Ці вектори повністю характеризують як кожен конкретний клас циклічних функціональних відношень, так і рівень розробленості технологій (методів та засобів) опрацювання та імітації циклічних сигналів у рамках їх математичної моделі у вигляді відповідного класу циклічних функціональних відношень, що важливо при розв'язанні задачах обґрунтованого вибору математичної моделі, технологій опрацювання та імітації (генерування) циклічних сигналів.

Розроблено прототип комп'ютерної онтології математичних моделей циклічних сигналів в середовищі Protégé, яка до свого складу включає глосарій (множину назв та множину означень) та таксономію класів циклічних функціональних відношень, кожен із яких охарактеризовано вектором властивостей та вектором рівнів імплементації відповідних методів та програмних систем, що у компактній та зручній для сприйняття формі містять відомості про визначальні властивості існуючих математичних моделей, рівня розробки методів та засобів їх розпрацювання для вирішення типових завдань в предметній області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів». Зокрема, такі відомості є ваговою підставою для коректного та обґрунтованого вибору дослідником (проектувальником) математичних моделей, методів, алгоритмів та програмних засобів, необхідних для вирішення конкретних завдань дослідження циклічних сигналів, а також можуть слугувати основою розробки онтоорієнтованих інформаційних систем для моделювання, генерування, опрацювання (аналіз, прогнозування, прийняття рішень) циклічних сигналів в інформаційних системах.

У четвертому розділі «Архітектури інтегрованого онтоорієнтованого інформаційного середовища та прототип інформаційної довідкової системи предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів»» сформульовано основні вимоги та розроблено узагальнену архітектуру інтегрованого онтоорієнтованого інформаційного середовища моделювання та опрацювання циклічних сигналів, що уможливорює ефективне системне вирішення цілого спектру важливих методологічних, методичних та технологічних завдань в галузі моделювання та опрацювання циклічних сигналів, зокрема, суттєво спрощує, інтенсифікує (автоматизує) та підвищує ступінь достовірності процедури розробки математичного та програмного забезпечення інтелектуалізованих систем для потреб медицини, техніки та економіки. Для програмної реалізації інтегрованого онтоорієнтованого інформаційного середовища моделювання та опрацювання циклічних сигналів було вибрано web-фреймворк Django, який написано на мові Python, та систему управління базами даних MySQL, що уможливило забезпечення високої

швидкості розробки програмного продукту, наявність вбудованого багатофункціонального та гнучкого інтерфейсу адміністратора, а також наявність засобів інформаційної безпеки та кросплатформенність.

На основі розроблених концептуальних та формальних моделей подання та організації знань, а також враховуючи структурно-функціональні аспекти побудованого прототипу комп'ютерної онтології предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів» сформульовано вимоги та розроблено узагальнені архітектури таких складових інтегрованого онтоорієнтованого інформаційного середовища моделювання та опрацювання циклічних сигналів як інформаційної онтоорієнтованої довідкової системи предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів»; експертної онтоорієнтованої системи підтримки прийняття рішень предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів», інформаційної системи із онтоорієнтованою архітектурою для моделювання та опрацювання циклічних сигналів.

Із використанням web-фреймворку Django на основі вбудованого інтерфейсу адміністратора розроблено прототип інформаційної онтоорієнтованої довідкової системи предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів», функціонал якої забезпечує доступ до статей про математичні моделі та методи опрацювання і комп'ютерної імітації циклічних сигналів, які структуровано згідно із розробленою таксономією класів циклічних функціональних відношень, що є складовою комп'ютерної онтології предметної області «Моделювання та опрацювання циклічних сигналів».

Основні наукові результати дисертації опубліковано у 6 працях, зокрема: 2 статті у закордонних наукових періодичних виданнях [1, 6], 2 статті у наукових фахових періодичних виданнях України [2, 3], 2 публікації у матеріалах міжнародних наукових, науково-технічних конференцій [4, 5]. З них 1 робота входить до міжнародної наукометричної бази Scopus [4]; 1 – до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus [2].

Ключові слова: комп'ютерна онтологія, онтологічне моделювання, формальна модель онтології, онтоорієнтована інформаційна система, математичне моделювання, опрацювання сигналів, циклічні сигнали.

SUMMARY

Nnamene Christopher Chizoba. Computer ontology of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals". - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the speciality 122 "Computer Science". - Ternopil National Technical University, named after Ivan Pulyuy, Ternopil, 2021.

Annotation content: The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific problem of development of conceptual, formal and machine-interpretive models of representation and organization of knowledge in the integrated onto - oriented information environment for Modeling and processing of cyclic signals within the theory of cyclic functional relations. "Modeling and processing of cyclic signals" is the core knowledge base of such onto-oriented information systems as information reference systems, expert decision support systems, computer modeling and processing of cyclic signals.

The introduction substantiates the study's relevance, links the work with the research topic, sets the purpose and objectives of the study, object and subject of research, lists the research methods used to achieve the goal of the dissertation. The scientific novelty, practical significance of the obtained results and personal creative contribution were formulated. Information on approbation and publication of research results is provided.

The first section, "Review and analysis of known models, methods and tools for building ontologies of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals". Based on a review and analysis of modern scientific and

technological advances in the field of Modeling and processing of cyclic signals, it is established that a significant scientific and applied problem is the development of an integrated intellectualized information environment for Modeling and processing of cyclic movements. Subject area automates the process of Modeling, processing and computer simulation of cyclic signals, intensifies the development of new and sound choices of known mathematical models and methods of cyclic signal processing in the theory of cyclic functional relations.

The section presents a comparative analysis of known models and technologies of knowledge representation in intellectualized information systems, which substantiates the validity of the ontological approach to knowledge representation of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals". The ontological approach is well coordinated with axiomatics and processing of cyclic signals, which significantly increases the level of its structure, rigour and formalism, facilitates the identification of new directions and regions of development of the theory of cyclic functional relations.

A review of known ontologies and onto-oriented information systems, in particular, in the field of Modeling and processing of cyclic signals, which became the basis for substantiating the relevance of research and formulation of the scientific task of developing conceptual, formal and machine-interpretive models of representation and organization of knowledge in an integrated ontology. Modeling and processing of cyclic signals within the theory of cyclic functional relations, as well as building on their basis a prototype of computer ontology of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals", which is the core knowledge base of such onto-oriented information systems as an information reference system, expert support system decision making and method of computer modeling and processing of cyclic signals.

The second section, "Conceptual, formal and software-technological principles of development of computer ontology of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals". Formulates general requirements for the developed ontology, which allows to specify its properties and set clear research and design guidelines at all stages of its creation. A generalized conceptual model of the subject area, "Modeling and processing of cyclic signals", has been developed. At the verbal-graphic level, it reflects the semantic space of this subject area and identifies five of its content subspaces. A close logical-semantic relationship has been established between these meaningful spaces and the ontologies that specify them in a machine-interpretive form.

Formal models of components of the ontology of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals" in the form of specific relational systems are developed. In particular, a formal model of the ontology of mathematical models of cyclic signals has been developed, which includes a finite set of names of classes of cyclic functional relations; an interpretation function that defines the corresponding classes of cyclic functional relations as components of the glossary; the relation of genus-species subordination, which defines a taxonomy (hierarchy) between different classes of cyclic functional relations; vector of unary relations that define the properties (features, attributes) of the corresponding class of cyclic functional relations, and eight-component vector, the elements of which characterize the state (level) of elaboration (implementation, development) of relevant information technologies of processing and computer simulation (generation) of cyclic signals within the corresponding class of cyclic functional relations. There is a reasonable choice of language for describing OWL DL ontologies and Protégé ontology development environment as effective, easy-to-use and free tools for developing computer ontology of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals", which significantly intensifies the process of developing the relevant ontology.

In the third section, "Computer ontology of mathematical models of signals of cyclic space-time structure based on the method of set induction and taxonomy of classes of cyclic functional relations", the substantiation and application of the method of induction (generation, generation) of many names and definitions of classes of cyclic functional relations their taxonomies, which are the main components of the glossary and the set of relations of the computer ontology of mathematical models of cyclic signals.

In the Protégé environment, by orderly repeated application of the logical operation of the division of generic concepts into species concepts, sets of names and taxonomies of types of value domains, types of cyclicity attributes, types of domain definitions and types of rhythm functions of abstract cyclic functional relation are constructed. generation) to build a prototype computer ontology of mathematical models of cyclic signals.

By orderly combining the names of the types of the domain of values, the types of attributes of cyclicity, the types of the part of the definition, the types of rhythm function in the definition of abstract cyclic functional relation, a glossary of classes of cyclic functional relations as mathematical models of cyclic signals are constructed in Protégé, which is an important component of the computer ontology of mathematical models of cyclic signals and allows to increase the level of structure, formality and machine interpretability of the theory of cyclic functional relations.

A method for constructing property vectors of classes of cyclic functional relations and vectors of implementation levels of methods and software corresponding to these classes, which are given as attributes of computer ontology classes of mathematical models of cyclic signals, has been developed. These vectors fully characterize each specific class of cyclic functional relations and the level of technology (methods and tools) for processing and simulating cyclic signals within their mathematical model in the form of a corresponding

class of cyclic functional relations, which is important in solving problems of reasonable choice of mathematical models, technologies of processing and simulation (generation) of cyclic signals.

A prototype of a computer ontology of mathematical models of cyclic signals in the Protégé environment has been developed, which includes a glossary (set of names and set of definitions) and taxonomy of classes of cyclic functional relations, each of which is characterized by a vector of properties and implementation levels of appropriate methods. that in a compact and easy to understand form contain information about the defining properties of existing mathematical models, the level of development of methods and tools for their development to solve typical problems in the subject area "Modeling and processing of cyclic signals". In particular, such information is an essential basis for the correct and reasonable choice of the researcher (designer) of mathematical models, methods, algorithms and software needed to solve specific problems of cyclic signals and can serve as a basis for developing onto-oriented information systems for Modeling, generating, processing (analysis, forecasting, decision making) of cyclic signals in information systems.

In the fourth section, "Architectures of the integrated onto-oriented information environment and the prototype of the information reference system of the subject area" Modeling and processing of cyclic signals ", the basic requirements are formulated and the generalized architecture of the integrated onto-oriented information environment of Modeling and processing, methodological and technological tasks in the field of Modeling and processing of cyclic signals, in particular, significantly simplifies, intensifies (automates) and increases the reliability of the procedure for developing mathematical and software of intelligent systems for the needs of medicine, technology and economics. For the software implementation of the integrated onto-oriented information environment for Modeling and processing cyclic signals, the Django

web framework written in Python and the MySQL database management system was chosen, enabling high-speed software development and a built-in multifunctional and flexible interface. Also, the availability of information security tools and cross-platform.

Based on the developed conceptual and formal models of knowledge representation and organization, as well as taking into account structural and functional aspects of the constructed prototype of computer ontology of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals", formulated requirements and generalized architectures of such components of integrated information signals as an information-oriented reference system of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals"; expert onto-oriented decision support system of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals", information system with onto-oriented architecture for Modeling and processing of cyclic signals.

Using the Django web framework based on the built-in administrator interface, a prototype of the information-oriented help system of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals" was developed, the functionality of which provides access to articles on mathematical models and methods of processing and computer simulation with the developed taxonomy of classes of cyclic functional relations, which is a component of the computer ontology of the subject area "Modeling and processing of cyclic signals".

The main scientific results of the dissertation are published in 6 works, in particular: 2 article in a foreign scientific periodical journals [1, 6], two articles in professional, scientific journals of Ukraine [2, 3], two publications in international scientific, scientific and technical conferences [4, 5]. One work is part of the global scientometric database Scopus [4]; 1 - to the international scientometric databases Index Copernicus [2].

Keywords: computer ontology, ontological modeling, formal ontology model, onto-oriented information system, mathematical modeling, signal processing, cyclic signals.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. S. Lupenko, A. Zozulya, Christopher Chizoba, N. Stadnyk, A. Horkunenko. Method of set and taxonomy induction of cyclic functional relations classes within the framework of axiomatic-deductive strategy of organization cyclic functional relations theory. *Scientific Journal Innovative Solutions In Modern Science*, № 4(48), 2021. pp. 92-106. (Індексується в CORE, WORLDCAT, BIELEFELD ACADEMIC SEARCH ENGINE, CITEFACTOR, Google Scholar).
2. Lupenko S.A., Lytvynenko Ya.V., Hotovych V.A., Zozulia A.M., Chizoba Nnamene K., Volyanyk O.V. Concept of design, requirements and generalaized architectures of components of the integrated onto-oriented information environment of simulation and processing of cyclic signals. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*, No 2. –Ternopil 2021. pp. 147-160. (Індексується в Index Copernicus).
3. Lupenko S.A., Lytvynenko Ia.V., Zozulya A.M., Nnamene K. Chizoba, Volyanyk O.V. Models, methods and means of ontology development of cyclic signal processing. *Journal of Hidrocarbon Power Engineering*, Vol. 8, Issue 1 (2021). pp. 8-17. (Індексується в WORLDCAT, CITEFACTOR, Google Scholar).

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Stadnyk N. An approach to constructing a taxonomic tree of models cyclic signals in the tasks of developing an onto-oriented system for decisions supporting of models choice. S. Lupenko, N. Stadnyk, Ch. Nnamene. *9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)* June 5-7, 2019 in Ceske Budejovice, Czech Republic. pp. 89–92. (Індексується в Scopus).
5. Стадник Н. Класи еквівалентності циклічних випадкових процесів та співвідношення між ними. Н. Стадник, С. Лупенко, К. Чізова Ннамене. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. ТНТУ, 2020. с. 179–180. (Google Scholar).

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

6. Christopher, N. C., Okemiri, H. A., Rita, A. U., Isaiah, A. I., Christian, O. K., & Chinazo I., C. Patient Data Integration: A Panacea for Effective Healthcare. *Journal of Computer Science*, 16(2) 2020. pp. 235-248.