

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2023-277-1-20-25>

УДК 004.9

КОНЦЕПЦІЇ ТА ПАРАДИГМИ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ В ГАЛУЗІ ОПТИЧНОЇ МЕТРОЛОГІЇ.

Хорошун Г.М.

CONCEPTS AND PARADIGMS OF BUILDING INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF OPTICAL METROLOGY.

Khoroshun G.M.

В роботі проведені дослідження щодо створення методологічних основ побудови інформаційно-керуючих систем та інформаційних технологій у технічних галузях знань, які спираються на проведення вимірювань фізичних величин до якої відноситься і оптична метрологія. Визначені основні принципи побудови інформаційно-керуючих систем. Визначено парадигми, які дозволяють враховувати різні аспекти діяльності на прикладі галузі оптичної метрології. До парадигм технічного напрямку додано гнучку парадигму, що дозволяє швидко адаптуватися до змін та відмов, а в парадигмах управлінського напрямку додано модельовану парадигму з огляду на підвищення можливостей штучного інтелекту до аналізу великих обсягів даних та прогнозування. Концепція інформаційно-керуючої системи в технічній галузі, діяльність якої пов'язана з вимірюванням фізичних величин може включати чотири вимоги та принципи. Вимога забезпечення точності та надійності вимірювань параметрів зазначену у принципі використання високоточних датчиків та калібрування для забезпечення точності вимірювань; впровадження механізмів виявлення та усунення помилок для забезпечення надійності вимірювань. Вимога швидкості обробки та аналізу технічних та управлінських даних реалізується принципом використання ефективних алгоритмів обробки даних та оптимізація апаратного забезпечення для забезпечення швидкості обробки даних. Вимога зручність і простота використання та доступність для користувачів визначена у принципі розробки інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу та забезпечення зручного доступу до функціональності ІКС; навчання користувачів та підтримка документації для полегшення використання системи. Вимога захисту та безпеки даних забезпечується принципом використання механізмів шифрування, контролю доступу та резервного копіювання даних для забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності да-

них. Ці вимоги та принципи допомагають забезпечити ефективну та надійну роботу інформаційно-керуючої системи в метрології, сприяють покращенню якості вимірювань, аналізу даних та управління процесами в цій галузі. Також розроблено загальну концепцію побудови інформаційної технології підтримки прийняття рішень у технічних галузях знань, які спираються на проведення вимірювань фізичних величин.

Ключові слова: концепція, парадигма, інформаційно-керуюча система, інформаційна технологія підтримки прийняття рішень, оптична метрологія.

Постановка та аналіз проблеми. Для розуміння, організації та розв'язання проблем у певній галузі знань або діяльності є корисним створення концепції та використання парадигм у вигляді моделей, підходів або шаблонів. Концепція дозволяє визначити основні принципи, правила, методи та засоби, за допомогою яких вирішуються завдання та розвиваються нові ідеї. Парадигми надають рамки для мислення, проектування та впровадження рішень. Кожна парадигма має свої характеристики, підходи та принципи, які визначаються контекстом і завданнями, що вирішуються. Для забезпечення ефективної діяльності в галузі оптичної метрології необхідно визначити парадигми в рамках яких вона функціонує та розробити концепції побудови інформаційно-керуючої системи (ІКС) та інформаційної технології підтримки прийняття рішень в галузі оптичної метрології.

В попередніх дослідженнях спираючись на стандарти та вимоги до проведення вимірювань в оптичних лабораторіях в Україні розроблено

методологію підтримки прийняття рішення щодо оцінки відповідності оптичної лабораторії технічним вимогам за допомогою FMEA-аналізу [1], системи підтримки прийняття рішень з [2] та [3], а також управління Гантт [4] під час пандемії Covid-19 [5], а також під час фінансової нестабільності [6]. Зараз є необхідність презентувати загальні концепції побудови ІКС для метрології, які дозволяють системно та в повній мірі забезпечити розробку ІТ підтримки прийняття рішень в галузі оптичної метрології.

Принципи побудови інформаційних систем. В контексті розробки інформаційних систем згідно до стандартів ISO з системної та програмної інженерії [7-9] можна виділити за основу такий набір принципів: *архітектурні, управління процесом розробки, взаємодію з користувачем.*

Основні архітектурні принципи для побудови ІТ-систем, що допомагають забезпечити їхню ефективність та надійність такі: модульність, розширюваність, гнучкість, масштабованість, відкритість, безпека, простота, повторне використання.

Загально визнані *принципи управління процесом розробки*, які використовуються в багатьох процесах розробки для забезпечення успішності проекту: цілісність, ітераційність, гнучкість, залучення зацікавлених сторін, якість, керуваність, систематичність.

Основні принципи взаємодії з користувачем, які сприяють ефективному та задовільному використанню продукту або послуги, наступні: виконання завдань, простота та зрозумілість, контекстна адаптація, забезпечення зручності інтерфейсу, зручність навігації та вводу, забезпечення зрозумілості та зворотного зв'язку, наявність документації та підтримки. Ці принципи допомагають створити орієнтовані на користувача інтерфейси та забезпечити зручну, ефективну та задовільнену взаємодію з продуктом або послугою.

Парадигми технічного напрямку. У прикладних галузях техніки зазвичай використовують наступні парадигми для побудови концепції діяльності: *апаратна, вбудована, модельована та розподілена парадигма.* В існуючих умовах нестабільності у світі з військових причин, епідемій та фінансових коливань ринку необхідно додати *гнучку* парадигму, яка забезпечить швидку адаптацію до ситуації навколо за допомогою відповідних інформаційних керуючих систем.

Визначемо застосування цих парадигм для ІКС та ІТ в галузі оптичної метрології.

Так основні елементи *апаратної парадигми* для оптичної метрології включатимуть інформаційні системи з повним описом наявного, вільного та необхідного обладнання, включаючи характеристики оптичних датчиків та пристроїв, оптичних систем зображення, інтерференційних приладів, фотометричних та спектральних вимірювачів, лазерних та оптичних джерел.

Оптичні датчики та пристрої використовуються для збору інформації про об'єкти. Ці датчики можуть бути засновані на різних оптичних принципах, таких як засвічування, розсіювання, інтерференція, флуоресценція та інші, тому і дані можуть мати різний тип: текстовий, числовий та графічний, а також формат, що має враховуватися в ІС.

В оптичних системах змінюється розмір зображення, додаються абераційні ефекти. Для отримання достовірної та детальної інформації ці зображення проходять певні стадії аналізу, розпізнання та обробки програмними засобами.

Вбудована парадигма для оптичної метрології включає такі основні принципи: розробка спеціалізованого програмного забезпечення, оптимізація обчислювальних ресурсів, реальний час, взаємодія з апаратними компонентами, калібрування та компенсація.

Розробка спеціалізованого програмного забезпечення використовується для керування та обробки даних вимірювань. Це програмне забезпечення розробляється та налаштовується спеціально для конкретних пристроїв чи систем оптичної метрології.

Оптимізація обчислювальних ресурсів дозволяє враховувати обмежені обчислювальні ресурси, які є характерними для вбудованих систем. Програмне забезпечення оптимізується з урахуванням часових характеристик оновлення сигналу та наявності шуму.

Вимірювання в оптичній метрології зазвичай відбуваються у *режимі реального часу*, оскільки вимірювання можуть відбуватись для рухомих об'єктів або потребують негайної обробки та відображення результатів.

Взаємодія з апаратними компонентами такими як оптичні датчики, оптичні системи зображення має забезпечувати збір даних з цих компонентів, контроль їх роботи та обробку отриманих результатів.

Калібрування та компенсація вимагають контроль за допомогою ПЗ центрування та синхронізації систем оптичної метрології належ-

ним чином для забезпечення високої точності та надійності вимірювань.

Основні принципи модельованої парадигми в ІКС для оптичної метрології включають: моделювання системи, аналіз та валідацію моделей, оптимізацію параметрів, симуляцію та експерименти, інтеграцію з іншими системами.

Моделювання системи полягає у створенні моделей оптичної системи, включаючи її компоненти, взаємодію та поведінку. Моделі можуть бути створені з використанням спеціальних мов програмування або інструментів моделювання.

Аналіз та валідація моделей оптичної системи проводиться перед їх фактичною розробкою за допомогою систем підтримки прийняття рішення щодо оцінки характеристик системи, виявленні можливих проблем, їх усуненню та оптимізації ефективності.

Оптимізація параметрів оптичної системи в моделі дозволяє досягти заданих характеристик та зробити систему стабільною, ефективною та з більшою точністю вимірювань.

Симуляція та експерименти з оптичною системою дозволяють проводити дослідження її поведінки в різних умовах та прогнозувати результати експериментів з визначенням оптимальних налаштувань системи.

Основні принципи розподіленої парадигми в ІКС для оптичної метрології включають: розподілена обробка даних, мережева комунікація, резервування та надійність, складні алгоритми розподіленої обробки.

Розподілена обробка даних: У розподіленій парадигмі обробка даних розподіляється між різними обчислювальними пристроями або вузлами. Це дозволяє ефективно обробляти великі обсяги даних та забезпечує швидкість та масштабованість оптичної метрологічної системи.

Мережева комунікація: Розподілена парадигма передбачає використання мережевої комунікації між різними пристроями або вузлами системи. Це забезпечує обмін даними, синхронізацію та координацію між компонентами системи.

Резервування та надійність свідчать про застосування механізмів резервування та забезпечення надійності. Це дозволяє системі продовжувати працювати в разі відмови окремих компонентів або вузлів.

Складні алгоритми розподіленої обробки враховують розробку складних алгоритмів та специфіку отримання даних в оптичній метрології та забезпечують ефективну обробку та аналіз вимірювальних даних.

Управління та координація різних компонентів оптичної систем включає механізми розподіленого керування, контролю та синхронізації її частин.

Гнучка парадигма в ІКС дозволяє переорієнтувати діяльність лабораторії згідно до актуальних задач з використанням методології Agile, яка базується на наступних чотирьох цінностях: індивідууми та взаємодія більш важливі, ніж процеси та інструменти, робоче програмне забезпечення більш важливе, ніж докладна документація, співпраця замовника та розробника більш важлива, ніж умови контракту, реагування на зміни більш важливе, ніж виконання плану.

Парадигми управлінського напрямку. Управління науково-дослідною лабораторією включає в себе різні підходи та парадигми, які залежать від цілей, структури та специфіки самої лабораторії. Наведемо низку парадигм, які дозволять ефективно управляти науково-дослідною лабораторією та рекомендуються до використання: класична, інноваційна, гнучка, системна, кооперативна парадигми. Додаємо ще й модельовану парадигму з огляду на її корисність в ефективному управлінні ресурсами, а також у зв'язку з підвищенням можливостей штучного інтелекту до аналізу великих обсягів даних та прогнозування [10].

Класична парадигма базується на принципах наукового менеджменту та орієнтована на досягнення ефективності та продуктивності. Лабораторія фокусується на забезпеченні якості досліджень, оптимізації процесів, управлінні ресурсами і впровадженні стандартів проектування та виконання досліджень.

Інноваційна парадигма ставить акцент на створення інноваційних рішень та розвиток нових технологій. Лабораторія працює над стимулюванням творчості, співпраці з іншими науковими групами, просуванням ідей стартапів та комерціалізацією наукових результатів.

Гнучка парадигма базується на принципах гнучкого управління та адаптивності. Лабораторія ставить акцент на спроможність швидко реагувати на зміни у науковому середовищі та ринкових умовах. Вона використовує ітеративні методи, співпрацю зі зацікавленими сторонами та швидке пристосування до нових вимог і викликів.

Системна парадигма покладається на управління лабораторією як складною системою з взаємозалежними елементами. Він враховує взаємодію між процесами, комунікацію, організаційну культуру та розвиток персоналу.

Лабораторія дотримується системного підходу до планування, контролю та впровадження змін.

Кооперативна парадигма ґрунтується на співпраці та партнерстві між лабораторіями, університетами, промисловими підприємствами та іншими стейкхолдерами. Лабораторії обмінюються знаннями, ресурсами та досвідом, спільно працюють над вирішенням великих наукових проблем та досягненням спільних цілей.

Концепція інформаційно-керуючої системи для метрології. Для побудови ІКС логічним є використання принципів системного аналізу: розвиток, єдність та зв'язки; модульна побудова; функціональність. Структура ІКС може бути надана у вигляді: вимоги, принципи, моделі, методи, інформаційні технології. Спираючись на розглянуті парадигми та принципи, розроблено концепцію ІКС (рис.), яка може використовуватись в технічних галузях, в яких проводяться вимірювання фізичних величин. ІКС має забезпечувати високу якість вимірювань, швидкість обробки даних, зручність та простоту використання системи, захист та безпеку даних.



Рис. Концепція побудови ІКС для технічних галузей, в яких проводяться вимірювання фізичних величин

Концепція ІТ підтримки прийняття рішень в галузі оптичної метрології. Використання наведених принципів побудови інформаційних систем та парадигм технічного та управлінського напрямку дозволяє побудувати концепцію ІТ підтримки прийняття технічних та управлінських рішень в галузі оптичної метрології. Пропонується базувати її на таких ключових елементах: експертна група, база знань, аналіз даних, моделювання та симуляція, моніторинг та відстеження, забезпечення комунікації, неперервна підтримка.

Експертна група: Створення експертної групи з висококваліфікованими фахівцями з оптичної метрології, які матимуть глибокі знання і досвід у цій галузі. Ця група буде відповідальною за надання консультацій та рекомендацій з питань технічного та управлінського прийняття рішень.

База знань: Створення централізованої бази знань, яка міститиме інформацію про оптичну метрологію, технологічні стандарти, існуючі рішення та проблеми, а також успішні практики. Це допоможе забезпечити доступ до актуальної інформації для прийняття рішень.

Аналіз даних: Розвиток системи збору, аналізу та обробки даних для оптичної метрології. Ця система допоможе зібрати дані з різних джерел, включаючи вимірювання, тестування та інші джерела, і провести аналіз для виявлення трендів, проблем та можливих вдосконалень.

Моделювання та симуляція: Використання комп'ютерного моделювання та симуляції для вивчення та передбачення різних сценаріїв у галузі оптичної метрології. Це дозволить проводити віртуальні експерименти та визначити оптимальні параметри та стратегії.

Моніторинг та відстеження: Розробка системи моніторингу та відстеження для оптичної метрології. Ця система дозволить в режимі реального часу контролювати параметри, якості та ефективності процесів оптичної метрології, що дозволить швидко виявляти проблеми та реагувати на них.

Забезпечення комунікації: Розробка системи комунікації та спільної роботи між фахівцями з оптичної метрології, управлінським персоналом та іншими зацікавленими сторонами. Це допоможе покращити обмін інформацією, сприяти вирішенню проблем та забезпечити згуртованість команди.

Неперервна підтримка: Забезпечення неперервної технічної та управлінської підтримки для оптичної метрології. Це може включати надання консультацій, курсів підготовки та навчання персоналу, а також розробку процедур та практичних рекомендацій.

Висновки

В роботі проведені дослідження щодо створення методологічних основ побудови інформаційно-керуючих систем та інформаційних технологій у технічних галузях знань, які спираються на проведення вимірювань фізичних величин до якої відноситься і оптична метрологія. Визначені основні принципи побудови інформаційно-керуючих систем. Визначено парадигми, які дозволяють враховувати різні аспек-

ти діяльності на прикладі галузі оптичної метрології. До парадигм технічного напрямку додано гнучку парадигму, що дозволяє швидко адаптуватися до змін та відмов, а в парадигмах управлінського напрямку додано модельовану парадигму з огляду на підвищення можливостей штучного інтелекту до аналізу великих обсягів даних та прогнозування. Також розроблено загальну концепцію побудови інформаційно-керуючих систем для технічних галузей, що спираються на вимірювання фізичних величин та концепцію побудови інформаційної технології підтримки прийняття рішень в галузі оптичної метрології.

Література

1. Хорошун, Г., А. Рязанцев, О. Рязанцев. Методологія прийняття рішення щодо оцінки відповідності оптичної лабораторії технічним вимогам. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, вип. 8(264), 2021, с. 10-14
2. Кулаков Д.В., Хорошун Г.М. Система підтримки прийняття рішень в задачах оцінки якості зображення. IT-Ідея – 2022: збірник науково-практичних праць. – Київ: Вид-во Східноукр. Ун-ту ім. В. Даля, 2022. – с. 23-24.
3. Дяченко С., Седінкін О., Сокирко Д., Хорошун Г.М. Система підтримки прийняття рішень в задачах вибору програмного забезпечення. IT-Ідея – 2022: збірник науково-практичних праць. – Київ: Вид-во Східноукр. Ун-ту ім. В. Даля, 2022. – с. 16-17.
4. Хорошун Г. М., Сітченко О. В., Рязанцев О. І., Барбарук В. М. Управління проектом «оптична лабораторія» за допомогою програмного забезпечення GanttProject / Сучасні технології в науці та освіті : колективна монографія / під ред. О. Б. Целіщева, Г. О. Татарченко, Г. М. Хорошун. — Северодонецьк : вид-во СЧУ ім. В. Даля, 2021. — с. 150-155.
5. Хорошун, Г., О. Рязанцев, М. Коверга, С. Покришка. Моделі машинного навчання для передбачення кількості захворілих на Covid-19 в Україні та Індії, Сучасні інформаційні системи, 2022, 6 (2), с.16-20
6. Хорошун, Г., М. Черпицький, О. Рязанцев, М. Кластеризація та аномальність даних індексу волатильності фондового ринку США, Сучасні інформаційні системи, 2023, 7 (2), с.9-15
7. ISO/IEC 42010:2011 - Systems and software engineering - Architecture description
8. ISO/IEC 12207:2017 - Systems and software engineering - Software life cycle processes
9. ISO/IEC 25010:2011 - Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models
10. Andrew Wolf, Machine Learning Simplified: A gentle introduction to supervised learning, 2022, p. 199
URL: <https://www.goodreads.com/book/show/60297347-machine-learning-simplified>

References

1. Khoroshun, G., A. Ryazantsev, O. Ryazantsev. Methodology for decision-making regarding the evaluation of compliance of the optical laboratory with technical requirements. Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, Vol. 8(264), 2021, p. 10-14
2. Kulakov D.V., Khoroshun G.M. Decision support system for image quality assessment tasks. IT-Idea - 2022: a collection of scientific and practical works. - Kyiv: East Ukraine. University named after V. Dalya, 2022. - p. 23-24.
3. Dyachenko S., Sedinkin O., Sokyрко D., Khoroshun H.M. Decision support system in software selection tasks. IT-Idea - 2022: a collection of scientific and practical works. - Kyiv: East Ukraine. University named after V. Dalya, 2022. - p. 16-17.
4. Khoroshun G. M., Sitchenko O. V., Ryazantsev O. I., Barbaruk V. M. Project management "optical laboratory" using GanttProject software / Modern technologies in science and education: collective monograph / sub. ed. O. B. Tselishcheva, G. O. Tatarchenko, H. M. Khoroshun. — Severodonetsk: edition of SNU named after V. Dalya, 2021. — p. 150-155.
5. Khoroshun, G., O. Ryazantsev, M. Koверга, S. Pokryshka. Machine learning models for predicting the number of patients with Covid-19 in Ukraine and India, Modern Information Systems, 2022, 6 (2), p.16-20
6. Khoroshun, G., M. Cherpytskyi, O. Ryazantsev, M. Clustering and anomaly of data of the US stock market volatility index, Modern Information Systems, 2023, 7 (2), p.9-15
7. ISO/IEC 42010:2011 - Systems and software engineering - Architecture description
8. ISO/IEC 12207:2017 - Systems and software engineering - Software life cycle processes
9. ISO/IEC 25010:2011 - Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models
10. Andrew Wolf, Machine Learning Simplified: A gentle introduction to supervised learning, 2022, p. 199
URL: <https://www.goodreads.com/book/show/60297347-machine-learning-simplified>

Khoroshun G.M. Concepts and paradigms of building information systems and technologies in the field of optical metrology.

The research has been conducted to establish the methodological foundations for building information and control systems and information technologies in technical fields of knowledge, including optical metrology. The key principles of constructing information and control systems have been defined. Paradigms have been identified to consider various aspects of activity, specifically in the field of optical metrology. A flexible paradigm has been added to the paradigms of the technical direction, enabling quick adaptation to changes and failures, while in the management direction, a modeled paradigm has been introduced to enhance the capabilities of artificial intelligence for data analysis and forecasting. The concept of an information and control system in the technical field, related to physical measurements, may include four requirements and principles. Requirement: Ensuring accuracy and reliability of parameter measurements. Principle: Utilizing high-precision sensors and calibration to ensure measurement accuracy, as well as implementing error detection and correction mechanisms to ensure measurement reliability. Requirement: Speed of processing and analysis of technical and management data. Principle: Employing efficient data processing algorithms and optimizing hardware to achieve data processing speed. Requirement: User-friendliness, simplicity, and accessibility for

users. Principle: Developing an intuitive interface and facilitating convenient access to the system's functionality, including user training and documentation support to enhance system usability. Requirement: Data protection and security. Principle: Implementing encryption mechanisms, access control, and data backup to ensure confidentiality, integrity, and availability of data. These requirements and principles contribute to the effective and reliable operation of an information system in metrology, improving the quality of measurements, data analysis, and process management in this field. Additionally, a comprehensive concept has been developed for building an information technology decision support system in optical metrology, encompassing expert groups, knowledge bases, data analysis, modeling and simulation, monitoring and tracking, communication support, and continuous maintenance.

Keywords: concept, paradigm, information and control system, decision support information technology, optical metrology.

Хорошун Ганна Миколаївна, кандидат фізикоматематичних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії, Східноукраїнський Національний Університет імені Володимира Даля, horoshun@snu.edu.ua

Стаття подана 24.01.2023.