АНОТАЦІЯ

Панченко А.С. Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2024.

Зміст анотації

Дисертаційна робота присвячена вивченню та підходів та методів до моделювання, аналізу та специфікації поведінки динамічних систем. Пропонується застосування універсальних коалгребр як основного інструменту для створення формальної математичної моделі поведінки систем з високим рівнем абстракції, що забезпечить можливість, моделювання динаміки у системах без урахування їх несуттєвих особливостей та вивчення їх критичних станів з метою розробки стратегій уникання подібних станів та алгоритмів виходу з них.

Дисертаційне дослідження охоплює теоретичні підходи до аналізу та специфікації поведінки динамічних систем за допомогою моделювання з використанням універсальних коалгебр та теорії категорій. Запропоновано вивчення однієї з основних концепцій універсальної коалгебри - фінальних коалгебр для рандомних систем, що породжують вихідні данні. Такі моделі є найбільш репрезентативними для вивчення, тому що несуть у собі усі основні властивості обраної для дослідження категорії систем.

Таким чином, описаний у дисертації підхід дає можливість створювати універсальні методи дослідження не окремої системи, як у стандартних підходах зі створенням артефактів специфікації вимог до програмного забезпечення, а цілого класу систем за допомогою високого рівня абстракції

запропонованої математичної моделі. Результати, отримані під час дисертаційного дослідження можуть бути використані інженерами та дослідниками, що займаються проектуванням, розробкою та аналізом розподілених та динамічних систем.

У вступі до дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми дослідження, показано зв'язок роботи з науковими темами. Сформульовано мету дослідження, а саме, уніфікація методів специфікації та аналізу динамічних систем різного типу за рахунок використання універсальних коалгебр та теорії категорій. Визначено об'єкт дослідження, а саме, процес побудови коалгебраїчної моделі та аналіз дискретних динамічних систем. Визначено предмет дослідження, а саме коалгебраїчні моделі дискретних динамічних систем та методи їх аналізу. Методи дослідження базуються на моделювані поведінки динамічних систем математичними моделями високого рівня абстракції, зокрема з використання універсальних коалгебр та визначення фінальних коалгебр для системи, що вивчається. Описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про практичне застосування та особистий внесок здобувача, апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у публікаціях, а також містяться відомості щодо структури та обсягу дисертаційної роботи.

У першому розділі здійснено аналітичний аналіз підходіп до підвищення якості процесу специфікації обмежень розподілених систем за рахунок використання формальних методів моделювання та специфікації, зокрема з використанням універсальних коалгебр та теорії категорій. Слід зазначити, що ці методи спрямовані на семантичний аналіз поведінки моделі системи, що вивчається, який в свою чергу поділяється на нотаційний та денотаційний підходи. Дослідження актуального стану проблеми показало, що аналіз та специфікацію поведінки системи на етапі її проектування буде якіснішим з точки зору уникнення помилок, зумовлених "людським фактором"якщо проводити за допомогою абстрактних математичних моделей на основі універсальних коалгебр із використанням монад для ізоляції поведінки системи та теорії категорій, що зумовлює актуальність цього ди-

сертаційного дослідження. У завершенні розділу була поставлена задача дисертаційного дослідження, а саме розробка теоретичних засад та практичних методів до уніфікації методів специфікації поведінки дискретних динамічних систем з урахуванням їх різноманітності та високих вимог до безпеки (з точки зору завчасного виявлення критичних станів) та прогнозованості їх роботи.

У другому розділі дисертаційного дослідження була надана основна інформація щодо використання універсальної коалгебри з неформальною інтерпретацією абстрактних математичних моделей. Були описані основні теоритичні засади використання фінальної коалгебри як основного об'єкту вивчення для категорії систем для її аналізу. У розділі розглядалися варіанти виведення фінальної коалгебри для моделі системи. Слід зазначити, що така задача не є тривіальною, а сама фінальна коалгебра не завжди існує. Для того, щоб оптимізувати процес виведення фінальної коалгебри було запропоновано спочатку перевірити факт її існування з використанням декартових квадратів. Було сформульовано ті доведено достатню умову збереження ендофунктором у категорії множин слабких декартових квадратів, що дозволило отримати інструмент перевірки існування фінальної коалгебри для системи, що вивчається.

У третьому розділі дисертаційної роботи було наведено практичні підходи до аналізу динамічних систем за допомогою універсальних коалгебр, а саме створено коалгебраїчну модель для дискретної детермінованої систем, що породжує вихідні данні, та визначена її фінальна коалгебра. Для урахування стохастичності процесів у складних динамічних системах, зокрема розподілених та кіберфізичних була створена коалгебраїчна модель рандомної дискретної динамічної системи, що породжує вихідні данні. Реалізація введення стохастичності у видір наступного стану системи була зроблена з використанням монади розподілу ймовірностей Джирі. Таким чином, створена модель детермінованої системи була розширена, а знання про неї були перевикористані. Для рандомної системи також було доведено факт існування фінальної коалгебри, яка була виведена та проаналізована. Фі-

нальна коалгебра для рандомнох системи має форму дерева та названа у роботі нескінченним деревом без листя.

у четвертому розділі дисертаційної роботи були описані методи побудови імітаційних моделей представницької системи (яка завжди буде фінальною системою) для обраної категорій систем. Були представлені методології до визначення простору станів системи, що буде носієм моделі, створеною з використанням універсальних коалгебр. Був описаний коалгебраїчний підхід до динамічного аналізу (імітаційного моделювання) складних систем за допомогою універсальних коалгебр.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача аналізу та специфікації поведінки динамічних систем за допомогою використання універсальних коалгебр.

В результаті проведених дослідження були отримані знання щодо підходів до моделювання рандомних систем та процесів за допомогою використання універсальних коалгебр, що дозволяють зробити висновки щодо того, що використання таких методів під час проектування систем є адекватним вибором та має значні переваги перед класичним підходом зі створенням артефактів специфікації вимог до системи через унеможливлення помилки, що може бути спричинена людським фактором. Окремо слід зазначити отриманий під час дисертаційного дослідження було виведено достатню умову існування фінальної коалгбери, що є корисним для усіх дослідників, що використовують універсальні коалгебри як інструмент моделювання

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

вперше запропоновано:

- Вперше сформульовано та доведено достатню умову збереження ендофунктором категорії множин слабких декартових квадраті, що дозволяє встановити факт існування фінальної коалгебри

отримали подальший розвиток:

- Отримала подальший розвиток техніка обчислення фінальних систем

- Отримав подальший розвиток метод динамічного аналізу (імітаційного моделювання) складних систем з використанням універсальних коалгебр

Ключові слова:, верифікація поведінки систем, формальні методи верифікації, обчислювальні системи, імітаційне моделювання, автомати, автоматизація процесів проектування, системи з підвищеними вимогами до надійності, універсальна коалгебра, фінальна коалгебра, декартові квадрати