

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методика покращення процесів розробки програмного  
забезпечення на основі аналізу наукових досліджень

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СНм-62  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Захарків Н.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Литвиненко Я.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Загородна Н.В.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«21» вересня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Захарків Назар Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методика покращення процесів розробки програмного забезпечення на основі аналізу наукових досліджень

Керівник роботи д.т.н., проф. Литвиненко Я.В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «06» листопада 2020 року № 4/7-825

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 березня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Літературні джерела з тематики роботи

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ 1.1 Процедура дослідження 1.2 Процедури збору даних та побудова запитів 1.3 Джерела даних та формат даних 1.4 Аналіз та класифікація 1.5 Метадані для аналізу РОЗДІЛ 2 РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ 2.2 Забезпечення якості результату 2.3 Загальна тематика публікацій 2.4 Аналіз публікацій щодо внеску у набір результатів 2.5 Тенденції у дослідженнях, пов'язаних із SPI 2.6 Фактори успіху SPI 2.7 SPI для SME 2.8 SPI та Agile-розробка РОЗДІЛ 3 КОНСОЛІДАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗБІР ДАНИХ 3.1 Подальше розуміння досліджень SPI 3.2 Висновок про поточний стан SPI 3.3 Загрози дійсності 3.4 Процедури збору даних 3.5 Побудова запиту для збору даних 3.6 Джерела даних та формат даних 3.7 Підготовка аналізу 3.8 Збір даних в оновленні дослідження РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ВИСНОВКИ СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ; ДОДАТКИ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Тема. 2. Наукова новизна. 3. Постановка задачі. 4. Блок-схема проведення досліджень.

5. Опис метаданих. 6. Критерії включення джерел до вибірки. 7. Атрибути метаданих.

8. Процеси SPI по типах компаній. 9. SPI для гнучких методів розробки ПЗ.

9. Пошукові запити. 10. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л.П., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 21 вересня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	21.01.21-27.01.21	<i>Виконано</i>
2.	Підбір наукових джерел по темі роботи	28.02.21-04.02.21	<i>Виконано</i>
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел по темі кваліфікаційної роботи	05.02.21-11.02.21	<i>Виконано</i>
4.	Виконання дослідження щодо огляду атак на комп'ютерні системи	12.02.21-18.02.21	<i>Виконано</i>
5.	Оформлення першого розділу	19.02.21-25.02.21	<i>Виконано</i>
6.	Оформлення другого розділу	26.02.21-01.03.21	<i>Виконано</i>
7.	Оформлення третього розділу	26.02.21-01.03.21	<i>Виконано</i>
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	26.02.21-01.03.21	<i>Виконано</i>
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	26.02.21-01.03.21	<i>Виконано</i>
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	02.03.21-06.03.21	<i>Виконано</i>
11.	Нормоконтроль	07.03.21-14.03.21	<i>Виконано</i>
12.	Перевірка на плагіат	15.03.21	<i>Виконано</i>
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	16.03.21	<i>Виконано</i>
14.	Захист кваліфікаційної роботи	23.03.2021	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Захарків Н.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Литвиненко Я.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

"Методика покращення процесів розробки програмного забезпечення на основі аналізу наукових досліджень" // Захарків Назар Михайлович // Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-62 // Тернопіль, 2021 // с. – 64 , рис. – 16, табл. – 10, джерел – 44.

Ключові слова: ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПЗ, SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENT, SPI, МЕТОДОЛОГІЯ SPI, ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ SPI, CMMI, ISO/IEC 15504, ISO/IEC 33001.

У магістерській роботі методологія вдосконалення програмного процесу (SPI) визначається як визначення послідовності завдань, інструментів та методів, які слід виконати для планування та реалізації заходів із вдосконалення. Відомі фреймворки SPI, такі як CMMI та ISO / IEC 15504 та новий стандарт ISO / IEC 33001, визначають методології SPI абстрактно. Пропонується методологія SPI для забезпечення готової до використання схеми SPI із вказівками щодо ітеративного життєвого циклу SPI, що складається з визначень завдань з деталями щодо ресурсів, інструментів, ролей, участі груп, складових процесів та інших специфічних для цієї предметної області артефактів. Використовуючи цю методологію за підтримки експертів SPI, організації можуть легко планувати та керувати життєвим циклом SPI. Ця робота пояснює підґрунтя для SPI та надає уявлення про те, як детальна методологія SPI допомагає проектам SPI у різних аспектах.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Процедура дослідження .....	11
1.2 Процедури збору даних та побудова запитів.....	11
1.3 Джерела даних та формат даних .....	12
1.4 Аналіз та класифікація .....	15
1.5 Метадані для аналізу .....	15
1.6 Процедури дії .....	17
РОЗДІЛ 2 РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ .....	18
2.2 Забезпечення якості результаті.....	19
2.3 Загальна тематика публікацій.....	20
2.4 Аналіз публікацій щодо внеску у набір результатів .....	23
2.4.1 Вимір: процес.....	24
2.4.2 Вимір: тип та метод дослідження .....	26
2.4.3 Вимір: контекст .....	26
2.5 Тенденції у дослідженнях, пов’язаних із SPI.....	28
2.6 Фактори успіху SPI.....	30
2.7 SPI для SME.....	33
2.8 SPI та Agile-розробка.....	36
РОЗДІЛ 3 КОНСОЛІДАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗБІР ДАНИХ .....	39
3.1 Подальше розуміння досліджень SPI .....	39
3.2 Висновок про поточний стан SPI .....	40
3.3 Загрози дійсності.....	42
3.3.1 Внутрішня дійсність.....	42
3.3.2 Зовнішня дійсність .....	43
3.4 Процедури збору даних.....	44
3.5 Побудова запиту для збору даних.....	44
3.6 Джерела даних та формат даних .....	47

	5
3.7 Підготовка аналізу .....	47
3.8 Збір даних в оновленні дослідження .....	48
3.8.1 Пошукові запити.....	48
3.8.2 Процедура пошуку та очищення.....	48
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	51
4.1 Вплив факторів трудового середовища на здоров'я та працездатність розробника програм.....	51
4.2 Шкідливий вплив іонізуючого випромінювання.....	54
ВИСНОВКИ .....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	61
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Покращення процесів розробки програмного забезпечення (Software Process Improvement – SPI; згідно [1]) має на меті вдосконалення програмних процесів і включає цілий ряд завдань, таких як масштаб, оцінка, проектування та реалізація, та постійне вдосконалення, наприклад [2]. У цій галузі низка моделей SPI конкурує в розрізі компаній, факторів успіху та інструментальної підтримки.

Вивчається впровадження SPI у великих та малих масштабах, і безліч публікацій повідомляє про досвід в наукових колах та практиці. Автори [3] вважають SPI важливою темою (незалежно від компанії та її розміру), оскільки багато компаній роблять акцент на процесах розробки програмного забезпечення і їх адаптацію до контексту компанії [4], [5], [6] для вирішення різних цілей SPI, таких як прискорення розробки програмного забезпечення або поліпшення якості програмного продукту.

Однак SPI – це різноманітна сфера: з одного боку, існує ряд стандартів, наприклад, Capability Maturity Model Integration (CMMI) або ISO / IEC 15504, ISO / IEC 33001. З іншого боку, ці стандарти часто критикують, як, наприклад, [7], [8], [9]. Диктування процесів та / або програм вдосконалення процесів може призвести до серйозних організаційних "імунних реакцій" як цілих компаній через відсутність ресурсів [10], так і розробників [11], [12]. У відповідь на це пропонується кілька спеціальних стандартних моделей SPI або спеціальних підходів SPI, серед іншого, для кращого задоволення потреб малих і дуже малих компаній, наприклад, роботи [13], [14] та [15], або адаптувати гнучкі принципи Agile в процесі вдосконалення, як у [16].

Більше того, оскільки SPI – це, головним чином, людська діяльність, багато досліджень було проведено для вивчення людських факторів, наприклад, [17], [18], [19] та [20]. Ці фактори, крім того, грають важливу роль, коли SPI проводиться в глобальному масштабі, як, наприклад, описувано у [21], або, якщо великі компанії хочуть розгорнути гнучкі процеси, як, наприклад, представлено у [22] або [23]. Окрім цього, ми знаходимо численні звіти про досвід, керівні принципи та інструменти – все разом надає величезну кількість знань про SPI. Однак, незважаючи на цю всебічну

сукупність знань, з точки зору авторів, нам бракує загальної картини SPI, і ми все ще намагаємось відповісти на запитання, які саме проблеми все ще невирішені, чи існують нові тенденції та нові підходи, і якщо так, то які ці нові тенденції. Цікавить також сучасний стан досліджень в області SPI.

**Мета роботи.** Сфера SPI розвивалася десятиліттями і містить величезну кількість публікацій, що стосуються величезної кількості тем. Проте ми бачимо нові пропозиції щодо методів, дослідження факторів успіху та багато звітів про досвід.

**Питання дослідження**

Мета роботи – здійснити огляд предметної області SPI та дослідити тенденції досліджень. Тому ми визначаємо такі задачі дослідження:

- отримати загальний огляд пулу публікацій про SPI. Ми зацікавлені в отриманні інформації щодо кількості публікацій, частоти публікацій і, врешті-решт, огляду різних аспектів дослідницького типу, на які спрямовані знайдені публікації;
- на основі знайдених публікацій потрібно систематизувати у основні теми досліджень (наприклад, моделі SPI, теорії, вторинні дослідження та отримані уроки);
- які тенденції у дослідженнях SPI та SPI можуть спостерігатися. Це питання спрямоване на вивчення основних моментів, на які до цього часу орієнтовані дослідження SPI, а також на виявлення прогалів та тенденцій. Це дослідницьке питання відкриє шлях до подальших досліджень щодо SPI.

**Об’єкт дослідження:** процеси розробки програмного забезпечення.

**Предмет дослідження:** наукові публікації на тему оптимізації процесів розробки ПЗ.

**Методи дослідження.** Для досягнення мети дипломної роботи використовувались:

- метод систематичних оглядів літератури (systematic literature reviews – SLR) відповідно до [24];
- метод систематичних картографічних досліджень (systematic mapping studies – SMS), представлених [25].



Проводячи оновлення дослідження, ми використовували та вдосконалювали застосовані методи, що було необхідно для розробки стратегії, яка дозволяє постійно оновлювати дослідження. На рисунку Рисунок 1.2 – показано загальний підхід до дослідження, щодо якого ми надаємо деталі у наступних розділах.

**Практичне значення отриманих результатів.** У цій роботі ми представляємо результати оновленого комплексного систематичного дослідження. Починаючи з дослідження, проведеного на основі цікавості, у два етапи ми провели широкосмуговий пошук у шести базах даних літератури та одній системі метапошуку, щоб зібрати публікації, пов'язані з SPI, за останні 25 років, і ми поступово проаналізували сотні публікацій щодо частоти, дослідницький тип зрізу вибраних робіт, було класифіковано знайдені публікації, використовуючи набір із 40 атрибутів метаданих.

Ми малюємо загальну картину, яка показує, що більшість публікацій про SPI або пропонує спеціальні / нові підходи (тобто моделі чи рамки), або має філософський характер (тобто збір, структурування та аналіз знань). Наші результати показують постійну публікацію нових підходів, хоча оцінка цих пропозицій мало доступна. Однак дані також розкривають деякі (все ще) нові теми, наприклад, SPI для дуже малих та середніх компаній та SPI в контексті Lean та Agile методів.

**Апробація результатів та особистий внесок здобувача.** Основні положення роботи доповідались, розглядались та обговорювались на науковій конференції Тернопільського національного технічного університету. Результати кваліфікаційної роботи опубліковані у тезах студентської наукової конференції, яка проводилась у ТНТУ.

## РОЗДІЛ 1

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В загальному фреймворк SPI для покращення процесів розробки ПЗ можна представити, як на рисунку Рисунок 1.1 – .

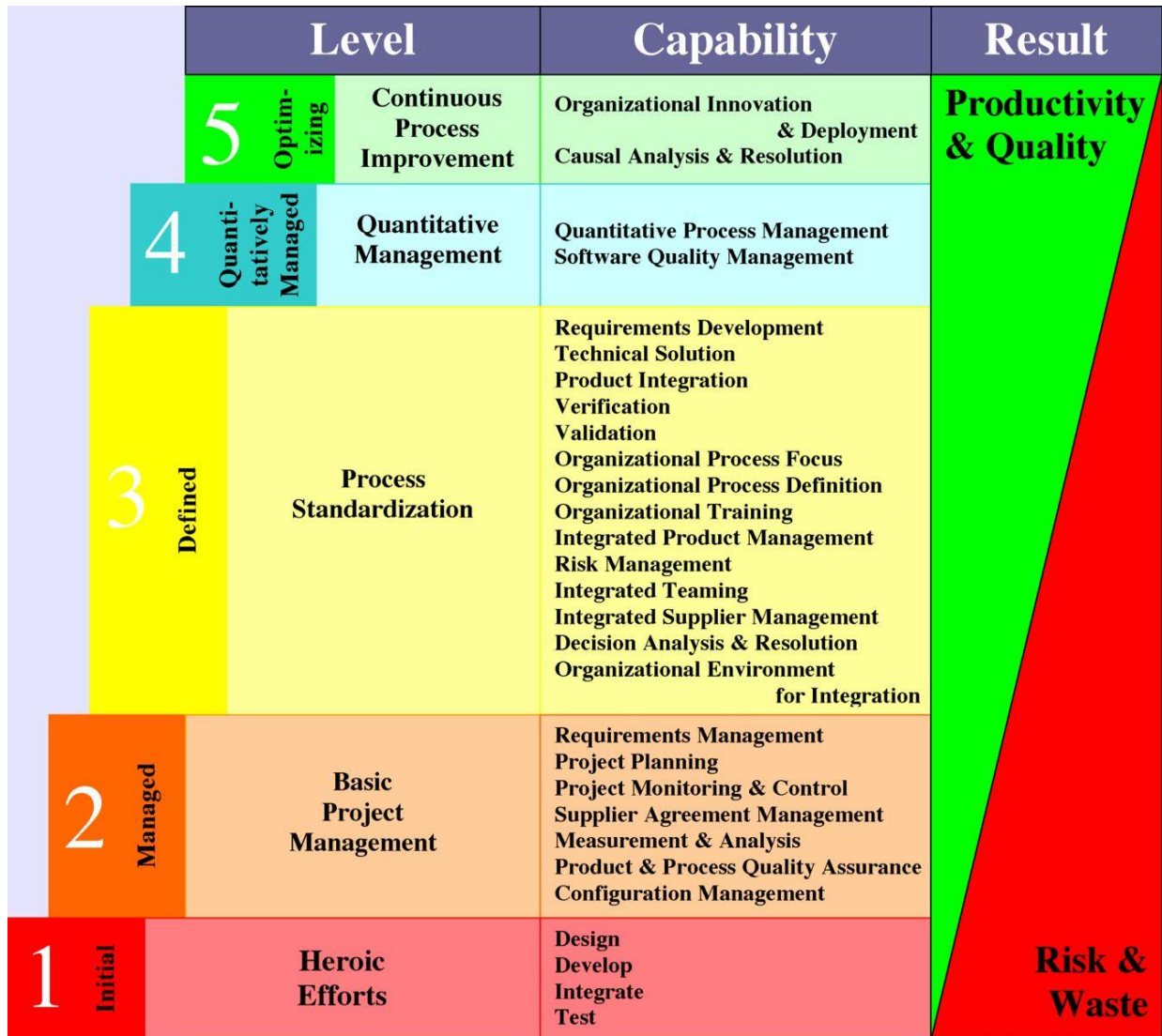


Рисунок 1.1 – Загальний принцип фреймворку SPI

Ідея покращення процесів розробки ПЗ полягає в тому, що з ростом зрілості компанії в ній більше уваги приділяється управлінню процесами і їх налагодженню у відповідності із стандартами. Завдяки цьому знижуються ризики для проєктів та підвищується якість створюваних програмних продуктів.

У цьому розділі ми представляємо структуру дослідження. Після опису обраного методу дослідження ми вводимо питання дослідження, описуємо різні інструменти, що використовуються для збору та аналізу даних, а також процедури обґрунтованості.

Щоб забезпечити інструмент, що дозволяє постійно оновлювати дослідження, ми визначили нову процедуру збору даних (буде обговорено далі у цій роботі), яку було застосовано для виконання представленого тут дослідження. Для досягнення більш високої точності ми визначили 40 атрибутів метаданих і застосували ці атрибути до набору даних, виключаючи з аналізу зріз типу фокусу ("Загрози дійсності"). Наостанок, ми пропонуємо більш детальний аналіз тенденцій, виявлених за допомогою нової класифікації.

Загальні дослідження SPI навряд чи можна знайти. Наприклад, автори [26] аналізують деякі "основні" дослідження щодо SPI з метою опрацювання розглянутих тем та прогалин у галузі. Однак вони відібрали декілька досліджень, які, на їх думку, є хорошими представниками, таким чином надаючи лише обмежену картину. З точки зору аналізу всього домену та надання нових (узагальнених) знань, колектив авторів у [27] роблять систематичний огляд сучасного рівня оцінки та вимірювання в SPI. Вони проводять систематичний огляд з метою синтезу переліку підходів до оцінювання та вимірювання, який вони також аналізують для практичного застосування.

Початкове дослідження не націлене на отримання узагальнюючих знань щодо однієї або декількох тем, що стосуються SPI. Метою цього дослідження є складання загальної картини сучасного стану техніки SPI загалом. Тобто, оскільки немає доступних порівняльних досліджень, ця робота є спробою надати надаючи вичерпну картину розвитку галузі SPI. Крім, наприклад, [26] або [27], ми використовуємо інструмент вивчення картографування згідно з [25] як метод дослідження та представлення результатів. Тому наше дослідження не стосується одного конкретного аспекту / теми, а має на меті скласти загальну картину, щоб відкрити шлях для подальших конкретних та більш детальних досліджень.

## 1.1 Процедура дослідження

Однією з цілей було розробити інструмент, що забезпечує головну ідею аналізу публікацій всієї галузі, а наявність стратегії постійного оновлення та вдосконалення дослідження було обов'язковою умовою. Тому, провівши та проаналізувавши початкове дослідження, ми зібрали отримані уроки та розробили стратегію оновлення. Результат показаний у правій частині рис. Рисунок 1.2 – . Переглянутий підхід включає процедуру збору даних описану далі та вдосконалену процедуру класифікації дослідження. У наступних розділах ми описуємо цю нову стратегію, тоді як конкретні зміни детально задокументовані в останньому розділі цієї роботи.

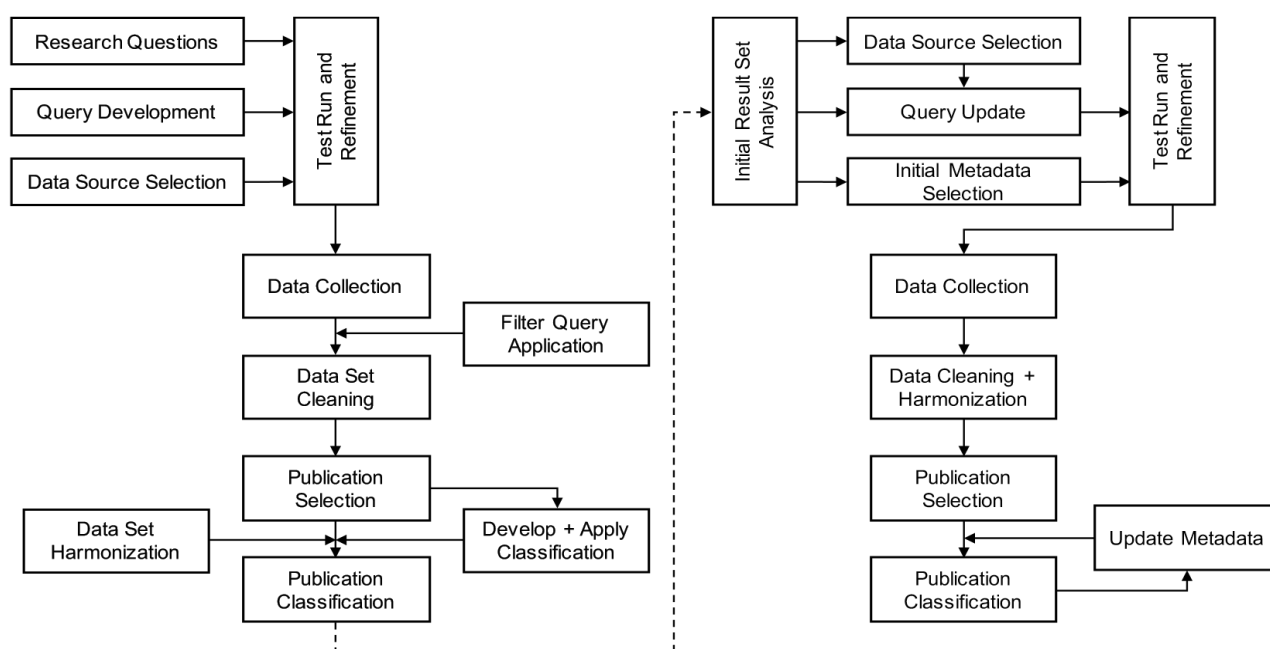


Рисунок 1.2 – Огляд застосовуваних методів дослідження у початковому дослідженні (ліва частина малюнка), а також у процедурі оновлення дослідження (права частина малюнка).

## 1.2 Процедури збору даних та побудова запитів

Як згадувалося вище, для того, щоб забезпечити здійсненню стратегію оновлення дослідження, слід було вдосконалити підхід до дослідження. Основні запити показані у останньому розділі роботи. Після початкового аналізу набору

результатів рядки запитів були критично переглянуті та оновлені (рис. 1.2). Однак нових пошукових термінів не було додано, лише структура запитів вимагала деяких оновлень для адресування нового джерела даних, яке служить основним. У двох словах, внаслідок зміни пошукової системи, основні пошукові рядки  $S_1 - S_8$  були інтегровані із запитами контексту та фільтру, які були необхідні в початковому дослідженні для запитів до різних баз даних літератури..

### 1.3 Джерела даних та формат даних

У цьому дослідженні, після перегляду початкових конструкцій та результатів дослідження, ми шукали більш ефективних способів отримати документи для оновлення і врешті-решт обрали Scopus, як нову пошукову систему. Виконавши різні запити, отримані дані були об'єднані в одну електронну таблицю, яка структурує дані та містить атрибути, показані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Макет електронної таблиці для збору та оцінки даних

Атрибут	Атрибути та опис
Ключі від навчання	Запуск No (унікальний номер у наборі даних), No (унікальний номер у базі даних), база даних
Зміст	Заголовок, Автори, Рік, Ключові слова / Теги, Анотація
Голосування	Актуальність (визначена під час аналізу та голосування авторами), дискусія (поле рішення, яке потрібно встановити на семінарах, якщо документ був позначений для обговорення), результат (документ входить або виходить)
Публікація	Публікація публікується в журналі, конференції, семінарі, книзі чи в іншому джерелі (див. рис. 1.3)
Тип дослідження	Класифікація статті за тематичним зрізом дослідницького типу (RTF), запропонована в [28]
Тип внеску Фасет	Класифікація паперу за фацетом типу внеску (CTF) за Shaw (2003) (див. Також Petersen et al., 2008 )
Метадані	Збір метаданих про публікацію відповідно до структури з рис. 1.3
Додаткова інформація	Додаткова інформація та / або подальші метадані, які збираються

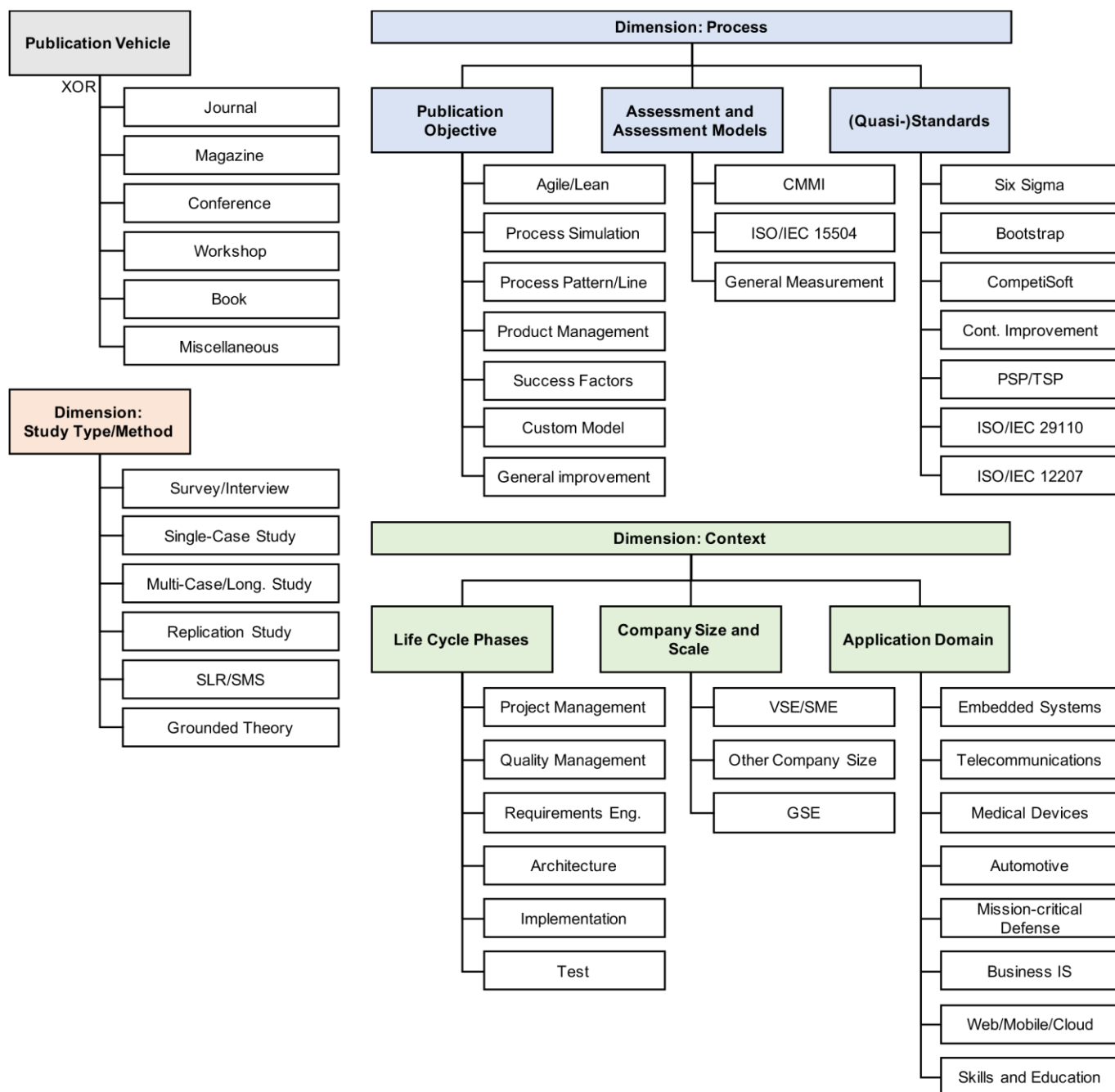


Рисунок 1.3 – Огляд зібраних метаданих на етапі аналізу дослідження, включаючи засоби публікації та 40 специфічних атрибутів дослідження та їх групування в тематичний кластер

Ми виконали автоматизований пошук, який вимагав відфільтрувати та підготувати набір результатів. Аналіз даних готується шляхом узгодження даних,

проведення двоступеневого процесу голосування та інтегрування вихідного та оновленого набору даних для підготовки аналізу набору результатів.

Таблиця 1.2 – Критерії включення та виключення, що застосовуються до дослідження

Критерії	Опис
IC <sub>1</sub>	Заголовок, список ключових слів та реферат чітко вказують, що стаття пов'язана з SPI.
IC <sub>2</sub>	У статті представлені теми, що стосуються SPI, наприклад, моделі SPI, оцінки, досвід у впровадженні та впровадженні програмних процесів, а також звіти про вдосконалення конкретних методів / практик.
EC <sub>1</sub>	Публікація не англійською мовою.
EC <sub>2</sub>	Публікація не відноситься до галузі програмної інженерії чи інформатики загалом.
EC <sub>3</sub>	Публікація – це лише підсумок семінару
EC <sub>4</sub>	Публікація траплялася кілька разі
EC <sub>5</sub>	Повний текст публікації недоступний для завантаження

Щоб зробити вибір даних більш ефективним, ми спочатку інтегрували та очистили набір результатів. Ми видалили дублікати, які визначили за назвою, датою та списком авторів. Основним інструментом, що використовувався, була функція Microsoft Excel для виявлення та видалення дублікатів (процес описаний в розділі 3). Ця процедура була проведена на інтегрованому наборі результатів.

Відповідно до [29] було проведено багатоетапний процес голосування, щоб класифікувати статті, як відповідні або нерелевантні, та створити набір публікацій для подальшого розслідування (таблиця 1.1, Голосування). У процесі голосування критерії включення та виключення, перелічені в таблиці 1.2, керували процесом прийняття рішень. Два дослідники проводили індивідуальне голосування (спочатку: назва публікації та реферат). Якщо обидва погодились, стаття була безпосередньо включена або виключена. Для тих статей, про які не було негайно досягнуто спільної

думки, проводились семінари для вирішення розбіжностей. Після первинного голосування відбір переглянув третій дослідник для підтвердження.

#### **1.4 Аналіз та класифікація**

В остаточному наборі аналіз та класифікація проводились з використанням тез і – за необхідності – повної публікації. Як правило, кожен етап класифікації проводився незалежно двома дослідниками, об'єднувався, обговорювався та врешті-решт перевірявся третім дослідником. Далі ми підсумовуємо процедури аналізу, що використовуються для відповіді на наші дослідницькі запитання.

Для того, щоб класифікувати публікації, ми спираємось на класифікацію за тематикою типу дослідження, запропоновану у [28] – так званий фасет. Однак під час тестової класифікації на невеликій вибірці ми виявили необхідність коригування визначень стосовно зрізів. У таблиці 1.3 перелічені аспекти типу дослідження, застосовані до набору результатів.

Зрізи по типу публікації. Для того, щоб проаналізувати, як публікації вносять свій внесок у сукупність знань, ми прийняли аспекти типу публікацій, як запропоновано у [30]. У таблиці 1.4 перелічено типи граней, застосовані до набору результатів.

#### **1.5 Метадані для аналізу**

Замість того, щоб застосувати фасет типу фокусу до набору результатів, ми обрали збір метаданих. Атрибути метаданих, що цікавлять, спочатку були зібрані та структуровані. Під час збору метаданих рецензенти мали можливість пропонувати та додавати подальші атрибути, тобто список метаданих було розширено, а потім переглянуто набір результатів (див. також рис. 1.2).



Таблиця 1.3 – Зрізи по тематиці прикладного дослідження

Критерії	Опис
Оціночні дослідження	Впроваджено на практиці, проведено оцінку впровадження; вимагає не лише одного демонстраційного тематичного дослідження
Пропозиція рішення	Запропоновано рішення проблеми, переваги / застосування демонструються на прикладах, експериментах або студентських лабораторіях; також включає пропозиції, доповнені одним тематичним дослідженням, для якого не є очевидним довгостроковий план оцінки / розповсюдження
Філософський папір	Новий спосіб мислення, структурування поля у формі таксономії або структури, вторинні дослідження, такі як дзеркальні або дзеркальні повідомлення
Висновок	Особиста думка, не обґрунтована відповідною роботою та методологією дослідження
Досвід роботи	Особистий досвід, як це робиться на практиці

Таблиця 1.4 – Зрізи по типу публікації

Критерії	Опис
Модель	Представлення спостережуваної реальності поняттями після концептуалізації
Теорія	Конструкція причинно-наслідкових зв'язків
Рамки	Фреймворки / методи, пов'язані з SPI
Настанова	Список порад
Вивчені уроки (досвід)	Набір результатів з отриманих результатів
Порада	Рекомендація (з думки)
Інструмент	Інструмент для підтримки SPI

На рисунку 1.3 наведено структурований огляд метаданих. Зокрема, ми зібрали метадані у наступних чотирьох категоріях: Публікації, Тип та метод дослідження, Процес та Контекст. Публікація є XOR вибору, тобто, стаття, наприклад, або документ конференції або журнальної статті. Інші три категорії (виміри) можуть включати підкатегорії та дозволяти багаторазовий вибір. Наприклад, стаття може містити модель SPI на основі дзеркальної фотокамери, що підтверджується за допомогою інтерв'ю експертів (вимір: Тип та метод дослідження), а дослідження

може розглядати гнучку / схильну нестандартну модель, яка приймає СММІ (вимір: Процес) у компанії, яка працює у галузі медичних виробів та вдосконалює управління якістю та тестування (вимір: Контекст).

## **1.6 Процедури дії**

Щоб збільшити обґрунтованість нашого дослідження, ми застосували наступні процедури: протягом усього дослідження проведено кілька заходів із забезпечення якості (частково підтримувані інструментами), пройдено ітерацію через окремі етапи та поетапно проаналізовано та уточнено попередні набори результатів. Під час відбору та класифікації публікацій ми спирались на триангуляцію дослідників, наприклад, в рамках суворої багатоетапної процедури голосування, в якій два дослідники провели початкову класифікацію, а третій дослідник підтвердив класифікацію. Для розробки схем класифікації ми або обґрунтовуємо розроблені схеми у зовнішніх пропозиціях, або покладаємось на гнучкі та розширювані метадані.

Нарешті, ми постійно порівнювали попередні результати з результатами нашого первинного дослідження, щоб перевірити загальні тенденції.

## РОЗДІЛ 2

### РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У цьому розділі ми представляємо та обговорюємо результати нашого дослідження.

У цьому розділі ми надаємо огляд усього набору результатів. Оскільки це дослідження є оновленим, початковою точкою для цього дослідження є результати, наведені у [29]. Результати процедур пошуку, очищення та злиття наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Збір даних та результати фільтрування оновлення дослідження, а також загальна кількість досліджень після об'єднання та очищення початкових та оновлених наборів даних.

	Автоматичний пошук			Вибір вручну		Інтеграція	
	Хіти	ЕС <sub>2</sub>	ЕС <sub>1,4</sub>	Голосування	Обговорення	Злиття	Остаточний
S <sub>1</sub>	532	333	270	56	50		
S <sub>2</sub>	4673	1402	880	74	71		
S <sub>3</sub>	815	301	15	1	1		
S <sub>4</sub>	4,223	1150	165	17	14		
S <sub>5</sub>	1609	545	29	1	1		
S <sub>6</sub>	507	307	0	0	0		
S <sub>7</sub>	5997	1659	89	6	4		
S <sub>8</sub>	330	227	2	0	0		
<b>Разом</b>	<b>18 686</b>	<b>5924</b>	<b>1450</b>	<b>155</b>	<b>141</b>	<b>776</b>	<b>769</b>

На рисунку 2.1 зображено частоту публікацій інтегрованого набору результатів, показуючи кількість публікацій у часі, включаючи дві лінії тренду (основа розрахунку тренду: середнє значення, 3-річний та 10-річний період). У 1996 році цифри свідчать про зростаючий інтерес до SPI. З цього моменту SPI став невід'ємною частиною досліджень програмного забезпечення. На рисунку 2.1 показано періодичні хвилі протягом років, що починаються від трьох до п'яти років, що підкреслюється першою

3-річною лінією тренду. У цих хвилях найбільший розрив / зменшення спостерігається між 2002 і 2003 роками. Ще один великий стрибок спостерігається у 2013 році, коли кількість статей зростає приблизно на 50%. Крім того, на рис. 2.1 показано, що SPI все ще залишається сферою інтересів, як показує друга 10-річна лінія тренду. Більшість статей у наборі результатів – це статті журналів ( $n = 353$ , 45,9%) та статті конференцій ( $n = 350$ , 45,5%). Журнальні статті ( $n = 33$ ) та статті семінару ( $n = 30$ ) становлять 4,3% та 3,9%. Набір результатів містить не книги, а три статті (0,4%), які класифікуються як різні (переважно розділи книг).

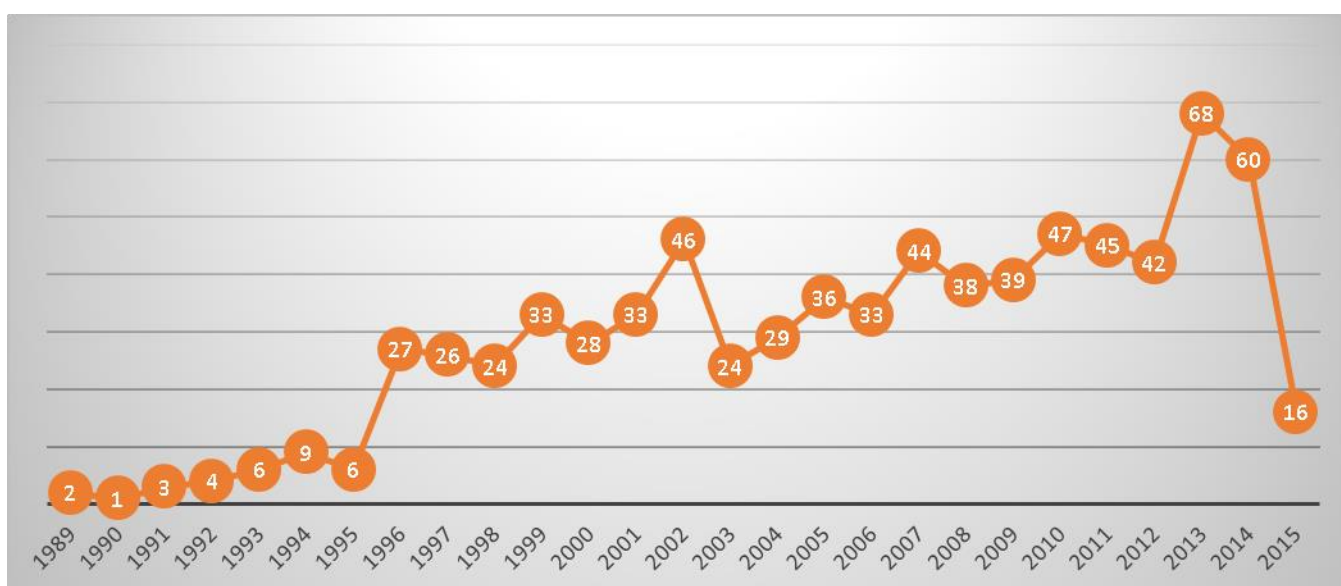


Рисунок 2.1 – Загальна частота публікацій  
(статті про SPI публікуються щороку)

Підводячи підсумок, оновлене дослідження включає 769 статей про SPI, опублікованих між 1989 та 2015 р., які підлягають аналізу відповідно до сформульованих у вступі задач дослідження.

## 2.2 Забезпечення якості результату

Як згадувалося вище, в процедурі збору даних було сформульовано вимогу до якості. Це забезпечення якості було здійснено з використанням вищезазначеного

аналізу тенденцій та з використанням різних аспектів досліджень та внесків (задача "Загальна тематика публікацій").

На рисунку 2.2 показано середнє (абсолютне) число статей та відносний розподіл за категоріями. На рисунку відображено ці дані для трьох точок: середні в об'єднаному наборі даних, а також середні з 1989 – 2012 та з проміжку 2013 – 2015, відповідно. З огляду на тенденцію (рис. 2.1) та збільшення публікацій приблизно на 50% на рік, відносний розподіл статей у наборі результатів оновлення відповідає загальній тенденції набору результатів. Обидві частини демонструють подібний розподіл у різних категоріях у всьому наборі результатів та підмножинах, на які спрямовано початкове дослідження та оновлення дослідження

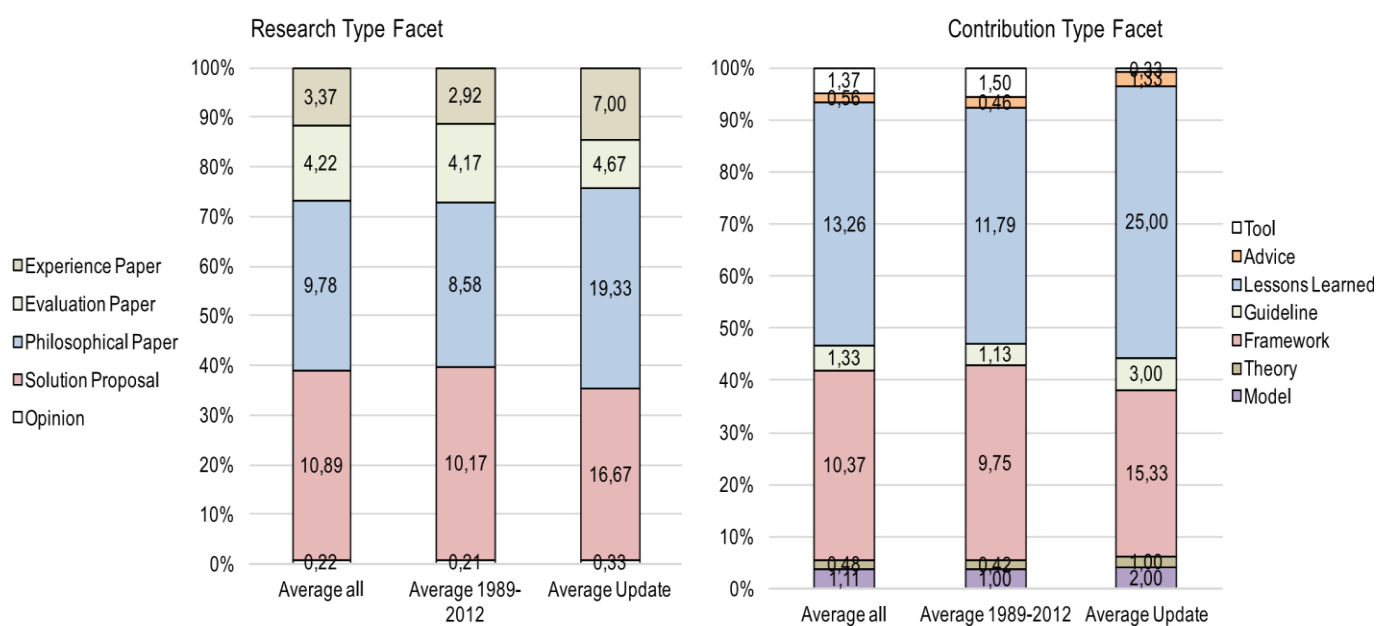


Рисунок 2.2 – Огляд (середнього) числа статей та відсотка у наборах результатів

## 2.3 Загальна тематика публікацій

Щоб отримати огляд зібраних робіт, ми провели категоризацію, щоб визначити фасети типу досліджень та фасети типу внеску (таблиці 1.3 та 1.4). Для аналізу відповідних тенденцій на рис. 2.3 наведено інтегровану картину, яка показує статті в різних категоріях та за часом.

Щодо аспекту типу дослідження, на рис. 2.3 видно чітку тенденцію до пропозицій щодо рішення ( $n = 294, 38, 2\%$ ) та філософських робіт ( $n = 264, 34, 3\%$ ). З 769 робіт у наборі результатів 114 робіт (14,8%) класифікуються як оціночні роботи, а 91 робота (11,8%) – як роботи з досвідом. Лише шість із 769 статей (0,8%) є думками. Беручи до уваги загальну тенденцію набору результатів (рис. 2.2), класифікація за фасетом типу дослідження вказує на те, що область досліджень постійно змінюється. Рисунок 2.3 ілюструє в середньому приблизно 75% опублікованих статей на рік пропонують або "щось нове", або обговорюють тему, що стосується SPI, з нових чи різних точок зору, наприклад, використовуючи вторинні дослідження, такі як систематичні огляди або картографічні дослідження ( $n = 43,5, 6\%$ ). У той же час лише близько чверті опублікованих статей на рік займаються оцінкою досліджень або звітуванням.

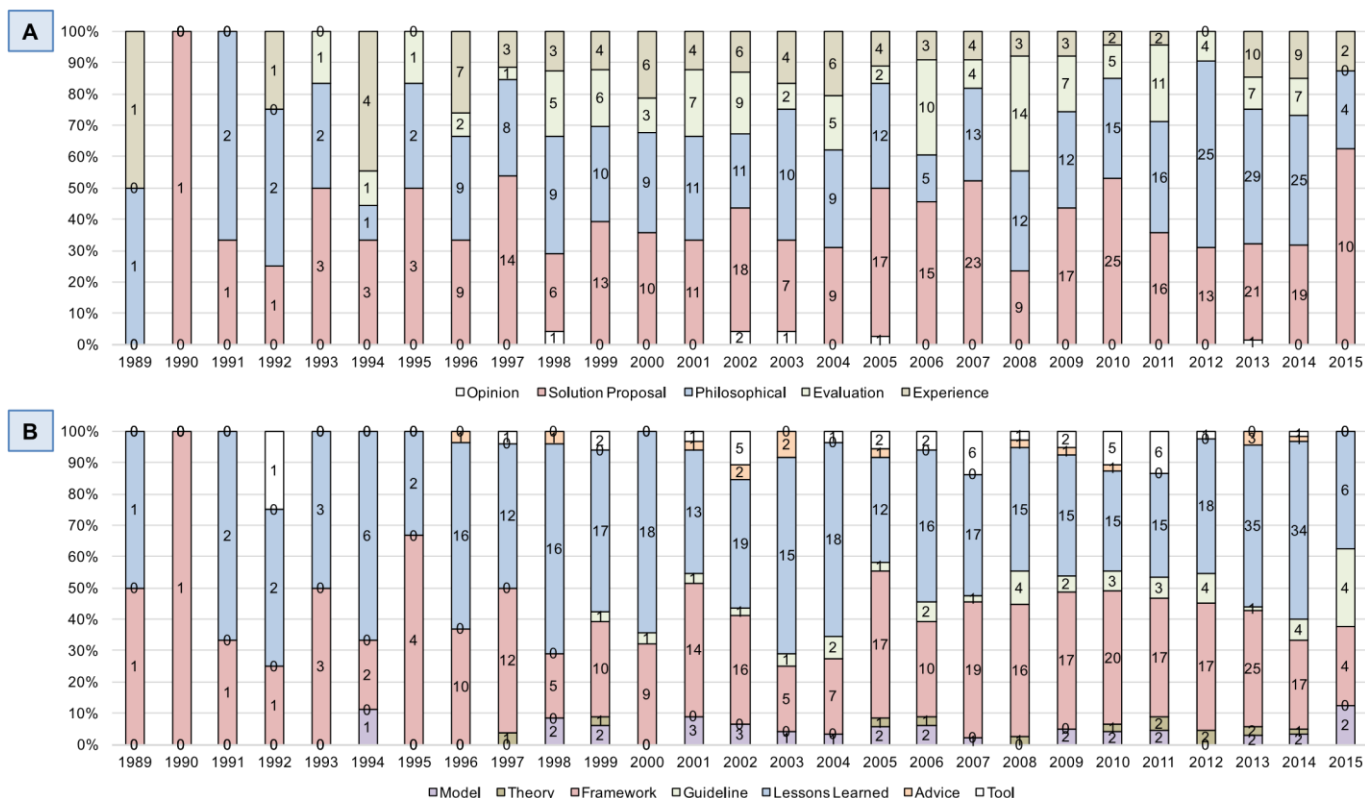


Рисунок 2.3 – Кількість робіт на рік та відносний розподіл за фасетом дослідницького типу (А) та фацетом типу внеску (В)

Рисунок 2.3 (нижня частина) демонструє подібну тенденцію щодо аспекту типу внеску. Від 769 статей у наборі результатів, 358 статей (46,6%) надають отримані уроки, а потім 280 статей (36,4%), що вносять власні або нові основи. Усі інші категорії – нижче 5%, зокрема, моделі ( $n = 30,3, 9\%$ ), теорії ( $n = 13,1, 7\%$ ), рекомендації ( $n = 36, 4,7\%$ ), поради ( $n = 15, 2,0\%$ ) та інструменти ( $n = 37, 4,8\%$ ). Тобто, близько 83% усіх статей або пропонують основи, або обговорюють отриманий досвід, що, знову ж таки, відповідає загальній тенденції з часом.

Враження про прогрес у цій галузі можна зобразити з рис. 2.4, на якому ми створюємо першу систематичну карту, що стосується аспектів досліджень та типу внесків.

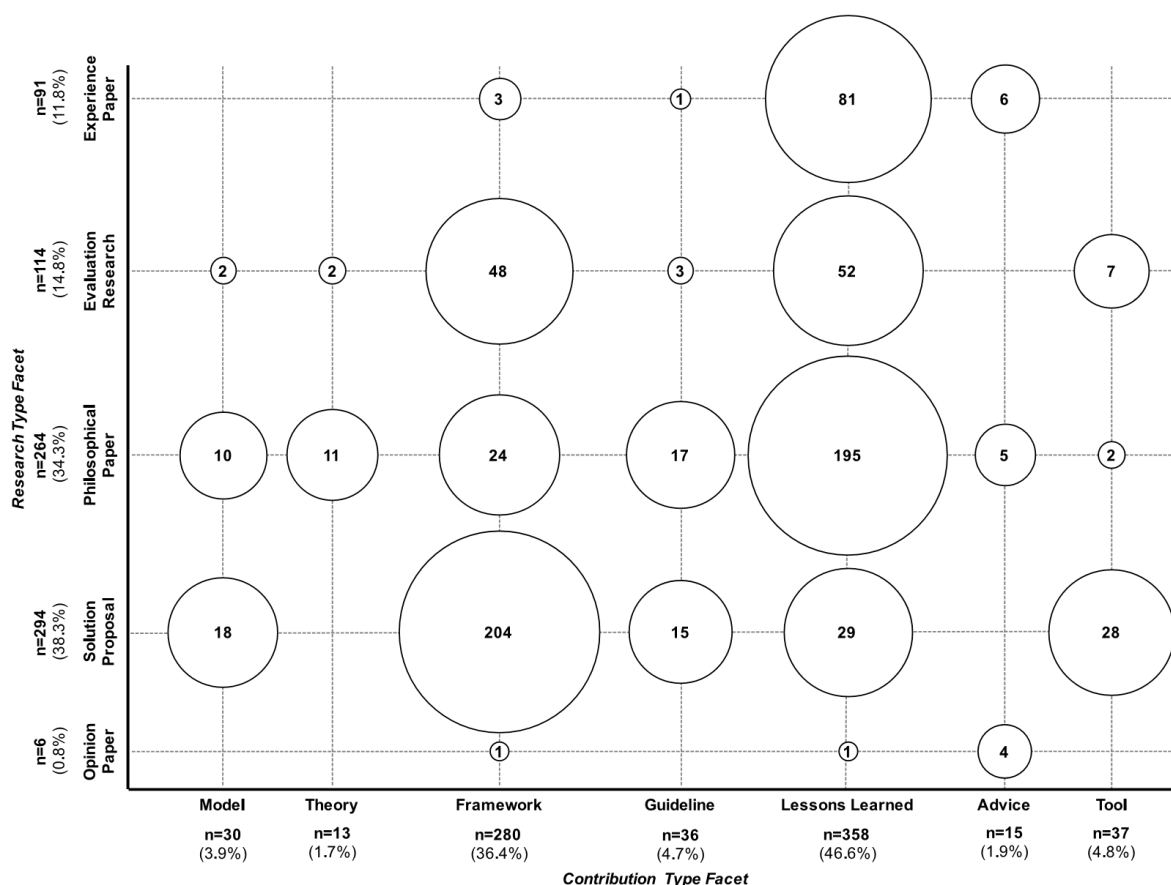


Рисунок 2.4 – Систематична карта аспектів досліджень та внесків.

З рисунка видно, що більшість рамок слід розглядати як пропозицію рішення (204 із 280), але лише 48 статей з розряду категорій класифікуються як дослідження оцінки. Подібно до цього, приблизно дві третини всіх робіт, класифікованих як отримані уроки (195 з 358), класифікуються як філософські статті, тобто отримані

уроки беруться на основі обговорення / спостереження в штучному або лабораторному середовищі або підсумків середнього вивчення. З 358 робіт з засвоєного досвіду, 52 класифікуються як оціночні дослідження, а 81 – як звіти про досвід, що разом становить приблизно 37% усіх вивчених уроків.

Крім того, 28 із 30 статей, які вносять моделі до набору результатів, класифікуються як пропозиції щодо рішення (18 статей) або філософські (10 статей). Тобто моделі на SPI пропонуються або в очікуванні їх оцінки, або ці моделі укладаються в результаті обговорення або вторинних досліджень, також очікуючи оцінки. Таку ж картину можна спостерігати і для теорій: 11 із 13 робіт, які класифікуються як такі, що вкладають теорію, також класифікуються як філософські статті, і лише дві класифікуються як оціночні дослідження.

З аналізу верхнього рівня за допомогою основних схем класифікації ми можемо спостерігати: у наборі результатів ми бачимо чітку тенденцію до пропонування нових рішень, і більшість із запропонованих рішень розглядає структуру SPI. Другою головною тенденцією є звітування про отримані уроки. Ці тенденції можна спостерігати як у кінцевому наборі результатів, так і з часом. Щодо запропонованих фреймворків, приблизно 73% (204 із 280 робіт, що стосуються фреймворку) класифікуються як пропозиції щодо вирішення, тобто пропозиції щодо методів чи рамок без будь-якої оцінки або лише з теоретичною або лабораторною оцінкою. Подібне, біля 63% усіх отриманих уроків (195 із 358), класифікуються як філософські роботи, тобто висновки робляться лише на основі теоретичної або лабораторної оцінки. Підсумовуючи, загальна картина, представлена в цьому розділі, показує, що все ще розвивається наукове поле, яке розробляє нові підходи та збирає отримані уроки, але в цій галузі все ще відсутні оцінені моделі та теорії.

## **2.4 Аналіз публікацій щодо внеску у набір результатів**

У цьому розділі ми надаємо більш детальну перспективу набору результатів із використанням зібраних метаданих, як показано на рис. 1.3. Класифікуючи набір результатів, ми зібрали метадані для тривимірного типу та методу дослідження,



процесу (включаючи підкатегорії) та контекст (включаючи підкатегорії). На додаток до засобу публікації, ми визначили 40 атрибутів, і кожному документу можна було призначити один або багато з цих атрибутів. Загалом для 769 вивчених робіт ми призначили 2408 значень атрибутів. Усі призначення метаданих узагальнено на рис. 2.5 та обговорюються нижче.

### 2.4.1 Вимір: процес

У рамках цього виміру ми побудували три категорії Моделі оцінки, (квазі-) Стандарти та Мета публікації, які дають наступну інформацію:

В рамках на тему по моделях оцінки увага більше приділяється моделям оцінки рівня зрілості компанії. Найбільш часто згадується в СММІ з 170 привласнених робіт, що базуються на стандарті ISO / IEC 15504 чи ISO / IEC 33001, яким присвячені 94 роботи. Окрім загальних стандартів, 196 робіт присвячено вимірюванню в цілому.

		Tota	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Dimension: Proce	Publication Objective	Agile/Lean	73						1	1		1		1		1		6	1		2	4	1	7	6	4	21	14	2	
		Process Simulation	23						1		1		4	2	2	4				1	1	1	1			2			3	
		Process Line/Patterns	17					1			1	1					2			2	2		1	1		3	1	1	1	
		Product Line/Management	9												1		2				1		1			1	1		2	
		Success Factors	126						1		5	1	3	3	5	6	10	5	3	5	2	6	6	6	12	7	12	13	13	2
		Custom Model	295	1		2	1	2	2	3	6	13	5	11	10	15	20	4	9	14	13	16	14	19	24	19	15	29	20	8
		General Improvement	232	1		1	3	2	6	1	5	5	11	7	8	12	14	7	12	13	14	15	11	7	14	19	11	16	14	3
	Assessment and Ass. Models	CMMI	170		1		1	1	1		9	10	6	8	6	6	11	8	9	6	7	6	9	14	14	6	8	12	9	2
		ISO/IEC 15504	94				1		1	7	8	5	7	4	5	6	2	3	5	2	5	3	5	3	1	5	12	4		
		General Measurement	196	1	1	1		2	4	4	8	8	4	6	8	9	10	6	8	8	7	12	12	13	11	12	9	14	14	4
	(Quasi-) Standards (and Techniques)	Six Sigma	13									1						2	1		2	3	1	1				1	1	
		Bootstrap	17					1		4	3	3	5											1						
		CompetiSoft	4																						1				2	1
		Continuous Improvement	14				1		1	1					1	1	1				1	1	1	1	2	2				
		PSP/TSP	17									1	1	1	2		2	1			1	1	2	2		2	1			
		ISO/IEC 29110	6																					1				1	3	1
		ISO/IEC 12207	7											1										1			2	3		
Dimension: Stud. Type and Method	Survey/Interview	95	1		1					5	2	1	4	4	4	8	4		8	4	5	5	4	6	6	5	9	7	2	
	Single Case-Study	174			1		1	3		8	9	8	7	8	7	7	5	6	6	8	11	7	10	14	9	7	17	12	3	
	Multi-Case/Long. Study	136				1	1	1		1		3	7	9	6	14	2	4	5	10	5	10	12	8	11	5	10	7	4	
	Replication Study	3																						1				2		
	SLR/SMS	55							1	1		3	1	2	1		1	1	1		1	2	1	3	7	5	6	13	5	
	Grounded Theory	18														1				1	1	1		1	2	3	3	4	1	

Dimension: Conte:	Life Cycle Phase	Project Management	92					2		2	5	4	8	5	1	3	5	5	5	6	5	5	4	6	7	4	4	5	1
		Quality Management	71			1	1		1		3	3	2	4	3	3	4	4	4	1	7	2	4	1	7	3	5	5	3
		Requirements Engineering	41			1		1		3	1	1	2			2	3	3	5	5	2	2	3			3	3		1
		Architecture	17								1	1	1		3		2	1	2	1		1		3				1	
		Implementation	8										2			1				1	2				1			1	
		Test	36						1	1		2	1		1	1		2	2	2	1	1	2	4	3	2	6	4	
	Company Size and Scale	VSE/SME	116					1		1	2	3	5	2	7	8	2	7	4	4	6	5	8	15	7	6	7	12	4
		Other Company Size	75	1	1	1	1	4		3	1	3	3	6	4	5	5	6	3	1	4	4	2	3	4	1	5	4	
		GSE	37					1		2			2	2		4	1		4	1	2	3	4	5	1		3	2	
	Application Domain	Embedded Systems	29					1	1	1	1	2	2	3	1	1		1	1		1		2	2	1		3	5	
		Telecommunications	23					1		1		1		4	3	2	2	2	1		1	2	1	1	1				
		Medical Devices	10																1							2	5	2	
		Automotive	14														1	1		1	3	2			1	2	3		
		Mission-critical Defense	8									1	1	2			1	1				1	1						
		Business IS	9										1		1				1		1	1	1			2		1	
		Web/Mobile/Cloud	11									1		1	1			1		1			1	1	2		2		
		Skills and Education	17						1									2		1	1	4		2	2		1	3	

Рисунок 2.5 – Огляд різних атрибутів метаданих, що розглядаються з часом.

Чим темніше колір, тим більше публікацій за рік призначено за цей атрибут, тоді як публікація може мати кілька призначених атрибутів

Щодо (квазі) стандартів (і методів), загальний набір результатів вказує на ці аспекти, які вважаються малорелевантними для спільноти науковців в області розробки ПЗ. Найчастіше згадуються "Шість сигм», "Безперервне вдосконалення" та "PSP / TSP"(кожен із менш ніж 20 згадувань). Поки не зрозуміла актуальність стандартів, таких як ISO / ІЕС 29110 – ми бачимо деякі згадки, але є певний рух і постійний розвиток таких стандартів. Тому аналіз тенденцій поки що не має сенсу проводити.

У категорії цілей публікації ми проаналізували основну наукову директиву публікації. На рисунку 7 в центрі уваги – чотири ознаки: значна частина статей (295 із 769) стосується нестандартних або нових моделей, а дані показують, що кількість нестандартних / нових моделей постійно зростає. Ця тенденція, яка вже була виявлена в початковому дослідженні, обговорюється (разом із використанням стандартних підходів) у "Нових та індивідуальних моделях SPI". Крім того, 232 статті висвітлюють загальне покращення як тенденцію. Крім того, набір результатів містить 126 статей, що стосуються факторів успіху SPI із зростаючим інтересом протягом багатьох років. Щодо факторів успіху SPI, ми надаємо більше деталей щодо цієї теми. Нарешті, зі 73

згадуваннями, Agile та Lean розробка становлять четверту тенденцію зі збільшенням кількості публікацій.

### **2.4.2 Вимір: тип та метод дослідження**

У межах шести різних атрибутів, визначених для цього виміру, на рис. 2.5 показані одиничні та багаторазові / тривалі кейси основних інструментів, за якими проводяться опитування та інтерв'ю. Однак, оскільки ці інструменти часто поєднуються, то у багатьох тематичних дослідженнях збір даних здійснюється за допомогою співбесід. Незважаючи на те, що результати показують так звані підходи змішаних методів, що застосовуються до досліджень SPI, все ж одиничні тематичні дослідження (досить часто проводяться зі студентами в лабораторних умовах) становлять більшість обраних методів дослідження. Тим не менше, останніми роками може бути знайдено все більше вторинних досліджень (тобто систематичних оглядів та картографічних досліджень). Це вказує на те, що спільнота починає систематизувати та класифікувати знання SPI. Набір результатів чітко свідчить про те, що в дослідницькому полі відсутні дослідження реплікації.

### **2.4.3 Вимір: контекст**

В рамках вимірювання Контекст ми визначили три категорії Фаза життєвого циклу, Розмір та масштаб компанії та Домен додатків, які надають наступну інформацію.

Що стосується фаз життєвого циклу, управління проєктом (92 згадки) та управління якістю (71 згадування) знаходяться в центрі уваги (постійно охоплюються та не мають певних піків). За ними слідує розробка вимог (41 згадування) та тестування (36 згадувань), тоді як тестування як тема часто поєднується із (загальним) управлінням якістю. Архітектура та дизайн, а також реалізація отримали кілька згадувань (менше 20).

Розглянуті в роботах розміри і масштаби компаній показують тенденцію до дуже малих підприємств (VSE) і малих та середніх підприємств (SME). У наборі результатів 116 статей стосуються компаній такого роду, тоді як 75 статей стосуються

компаній іншого масштабу, тобто великих компаній та світових гравців. У "SPI для малого і середнього бізнесу", ми досліджуємо цю групу атрибутів детальніше. Крім того, глобальне розподілення процесів з розробки програмного забезпечення розглянуто 37 роботах, в той час як це наскрізна проблема, адресована компаніям всіх видів.

Враховуючи різні прикладні домени, найбільша частка статей стосується вбудованих систем загалом (29 згадувань) або конкретних вбудованих доменів, таких як медичні пристрої, автомобільне програмне забезпечення або критично важливі та захисні системи (менш згадані конкретні вбудовані домени класифікуються як загальні). Область застосування телекомунікаційних систем згадується 23 рази. Ми також розглядаємо 17 статей, що стосуються навчання та освіти, наприклад, описуючи програми виробничого навчання чи університетські курси, як область застосування.

На рисунку 2.5 представлений огляд атрибутів метаданих, присвоєних 769 роботам із набору результатів. Дослідження, пов'язані з SPI, приділяють велику увагу спеціальним / новим моделям та факторам успіху, стандартним моделям оцінки / зрілості, таким як CMMI або ISO / IEC 15504 чи ISO / IEC 33001 і добре досліджені, а SPI в контексті VSE / MSP та гнучкого та ощадливого розвитку програмного забезпечення як частини SPI слід розглядати як основні тенденції.

Набір атрибутів метаданих, визначений для цього дослідження, надає подальші уявлення: наприклад, основними галузями, що цікавлять дослідження SPI, є управління проектами та управління якістю (часто в поєднанні з тестуванням), а SPI є релевантним для всіх областей програм та для всіх розмірів компанії (що підтверджує [31]). Однак ми також повинні зазначити, що через характер цього дослідження ми досі не змогли призначити атрибути для всіх вимірів у всіх статтях. Лише 232 статті (30%) були призначені для атрибутів, що охоплюють усі три виміри, 389 робіт (51%) охоплюють два виміри, а 148 (19%) мають атрибути лише в одному вимірі. Отже, представлений огляд ще не дає повної картини.

## 2.5 Тенденції у дослідженнях, пов'язаних із SPI

У галузі SPI налаштовуються існуючі (стандартні) моделі або пропонуються абсолютно нові моделі. Цю тенденцію можна спостерігати останніми роками, як це показано на рис. 2.6. Починаючи з самого початку, щороку пропонуються нові або індивідуальні моделі. Загалом у результаті перелічено 295 із 769 статей (приблизно 38%) з цією метою.

Як показано на рис. 1.3, у цьому дослідженні ми зібрали метадані щодо різних (квазі) стандартних та добре розповсюджених підходів. Далі ми пропонуємо детальний аналіз частки індивідуальних та нових моделей, а також аналізуємо, як ці підходи інтегровані між собою та яка їх наукова зрілість. На рисунку 2.7 показана семантична карта, яка ілюструє два аспекти: у нижній частині показано зрілість дослідження та внесок статей, що стосуються стандартних моделей зрілості. Загалом 225 із 769 статей стосуються CMMI, ISO / IEC 15504, ISO / IEC 33001 або обох. Класифікація за факторами типу досліджень та внесків показує, що для стандартів та досліджень, пов'язаних зі стандартами SPI, повідомляється багато отриманих уроків і що доступні деякі оціночні дослідження.

З тих 225 статей, що стосуються стандартних підходів, 74 стосуються розробки індивідуальних моделей SPI, які ґрунтуються на цих стандартах. Чи базується спеціальна / нова модель SPI на одному зі стандартів, показано у верхній частині рис. 2.7. З 295 робіт, що пропонують спеціальні / нові моделі SPI, 74 базуються на стандартних моделях, тобто 221 стаття не обґрунтувати свій внесок у стандарти та використовувати інші практики. Більше того, на рис. 2.7 видно, що набір результатів містить 187 пропозицій щодо рішення, але лише 76 робіт, які віднесені до категорії оціночних досліджень або статей з досвідом.

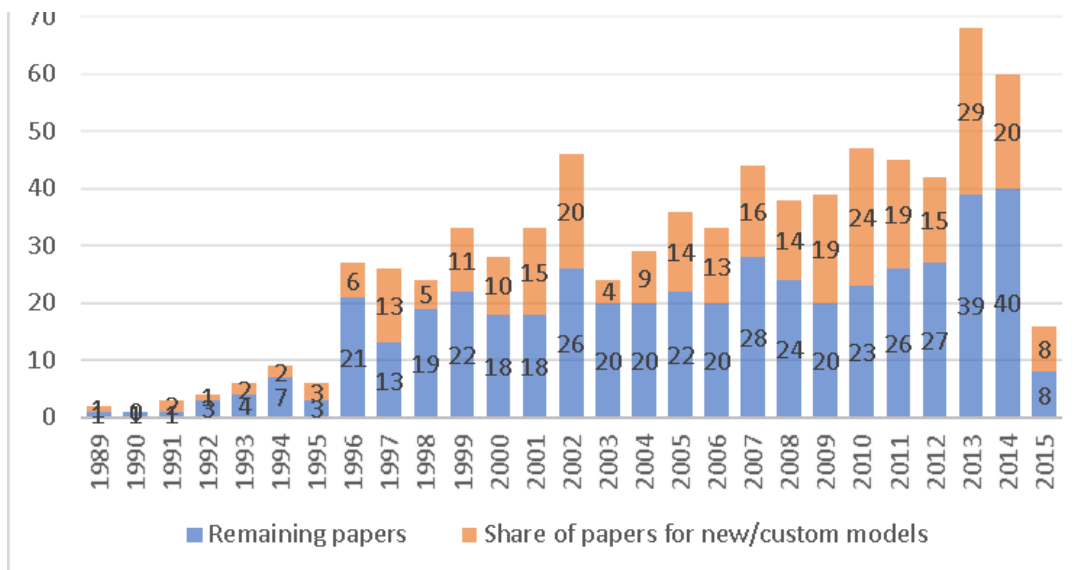


Рисунок 2.6 – Графік тенденцій частки статей, що представляють індивідуальні та / або нові моделі SPI

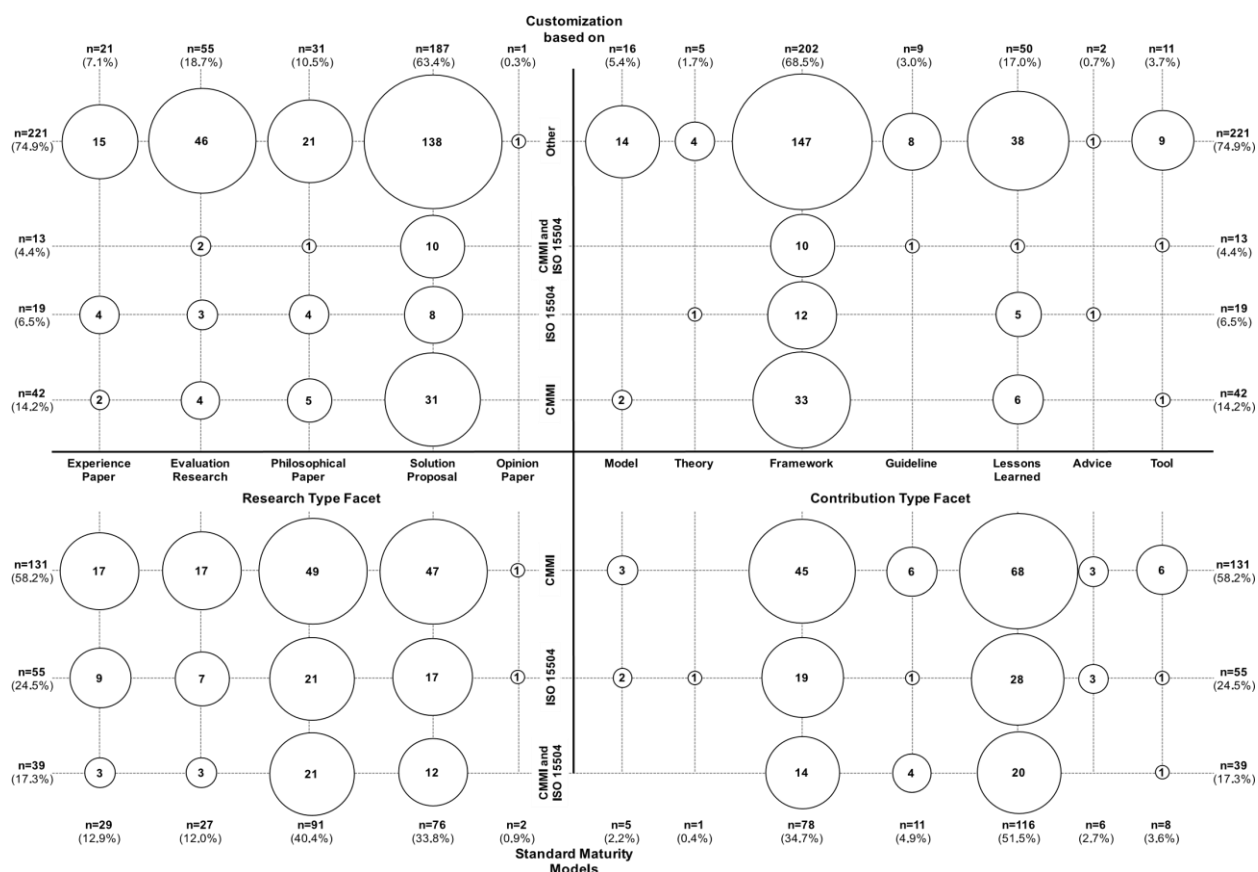


Рисунок 2.7 – Огляд класифікації публікацій, що стосуються стандартних підходів CMMI та ISO / IEC 15504 чи ISO / IEC 33001 ( n D 225), та їх відношення до нестандартних / нових моделей ( n D 295)

Серед 295 статей 54 (18,3%) чітко згадують про висвітлення SPI для SME з акцентом на вдосконалення управління проєктами (чотири статті) та загальних процесів управління якістю (три статті). Процеси, пов'язані з різними фазами життєвого циклу (рис. 1.3), представлені таким чином: 36 (12,2%) статей спрямовані на вдосконалення загального управління якістю, 35 (11,9%) стосуються управління проєктами та 19 (6,4%) спрямовані на вдосконалення процесу тестування. Тобто, увага на замовлення / нові моделі SPI спрямована на управління якістю та тестування (загалом 18,6%).

Спостерігається тенденція: 295 із 769 статей пропонують спеціальні або нові підходи SPI, що робить в середньому 11 нових моделей SPI, що публікуються на рік. Лише 74 з цих 295 робіт обґрунтовують свій внесок у підході на основі стандартів, тоді як більшість (приблизно 75%) пропозицій щодо рішення не покладаються явно на стандартизовані підходи. Крім того, набір результатів показує, що більшість статей пропонують цілі методи або основи SPI, з яких мало що оцінюється (більшість – пропозиції щодо рішення). Більше того, набір результатів показує декілька моделей чи теорій щодо SPI серед запропонованих рішень.

## 2.6 Фактори успіху SPI

На рисунку 2.8 зображено другу виявлену тенденцію: пошук факторів успіху SPI. У наборі результатів факторам успіху присвячено 126 із 769 робіт (приблизно 16,4%). На малюнку показано це завдання, починаючи з середини 90-х років, і зростаючий інтерес, починаючи з 2007 року. Далі ми пропонуємо огляд того, як фактори успіху збираються, вивчаються, застосовуються та оцінюються.

Перші цікаві питання стосуються походження та зрілості факторів успіху, тобто їх загальної надійності. Для цього ми проаналізували аспекти досліджень та внесків статей, що містять фактори успіху. На рисунку 11 наведено цю категоризацію та показано, що 72 із 126 статей (57, 1%) класифікуються як *філософські*, тобто статті, які є або вторинним дослідженням, або які забезпечують підхід до досліджень на

основі дискусії. Однак 33 статті (26, 2%) отримують свої фактори успіху або на основі досліджень оцінки, або звітів про досвід.

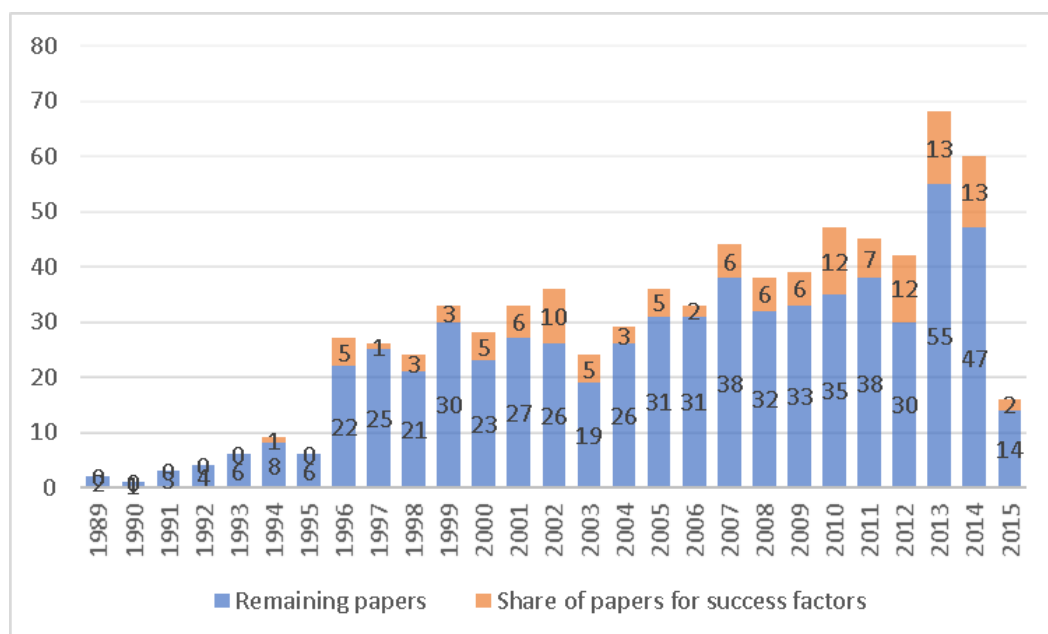


Рисунок 2.8 – Діаграма тенденцій частки статей, що досліджують фактори успіху в SPI

Крім того, для 73 статей (57,9%) фактори успіху визначаються як засвоєні уроки; 27 статей (21,4%) структурують та інтегрують фактори успіху у структуру, а 14 (11,1%) використовують фактори успіху для розробки моделі чи теорії.

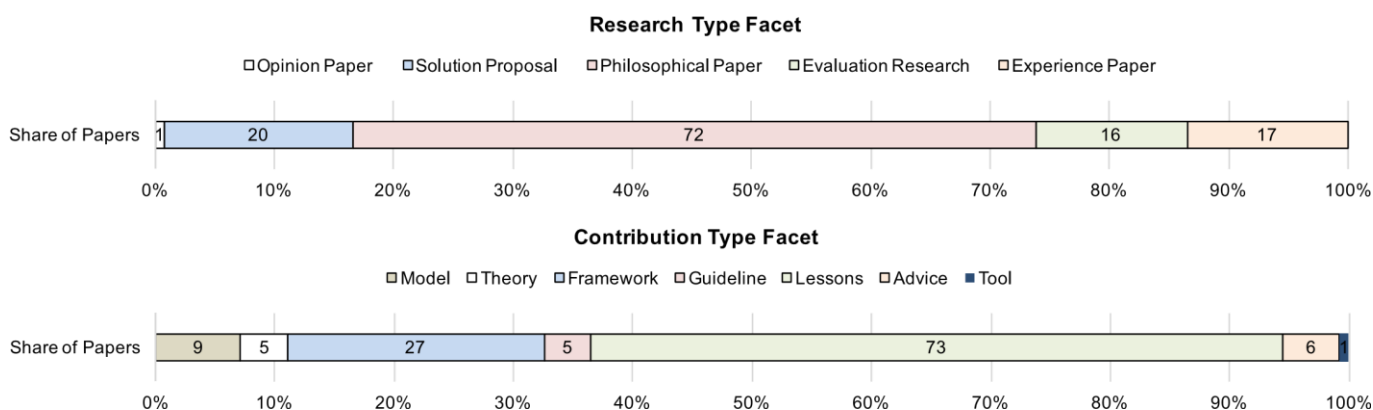


Рисунок 2.9 – Короткий огляд статей, що стосуються факторів успіху в SPI, класифікованих за факторами досліджень та внесків



На рисунку 2.9 пропонуються фактори успіху, в основному створені на основі вторинних досліджень та обговорень. Для того, щоб отримати більше розуміння, ми використали вимір типу та методу дослідження для вивчення підходів до дослідження, обраних для збору факторів успіху.

На рисунку 2.10 подано короткий зміст обраних методів дослідження. Тут показано опитування / інтерв'ю та дослідження конкретних випадків, які є найкращими методами. Лише 18 із 126 статей покладаються на вторинні дослідження (систематичні огляди та картографічні дослідження), і лише чотири статті використовують мультиметодний дослідницький підхід (або опитування з тематичним дослідженням, або вторинне дослідження в поєднанні з дослідженнями та обґрунтованою теорією).

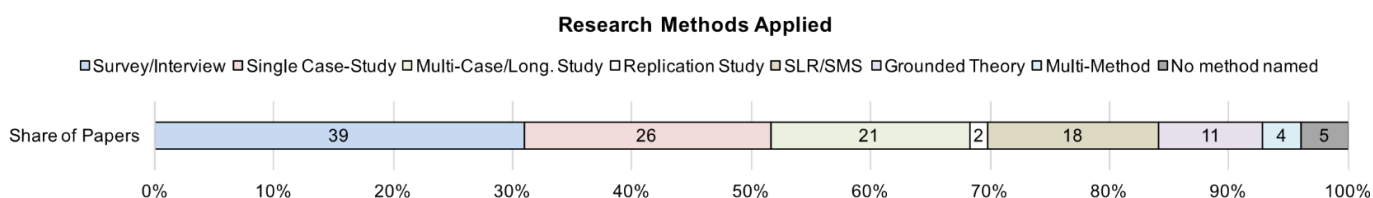


Рисунок 2.10 – Короткий опис методів дослідження,  
що застосовуються для вивчення факторів успіху SPI

У 5 роботах чітко згаданий дослідницький підхід не міг бути знайдений в аналізі на основі реферату. На рисунку 2.10 також видно, що лише 27 робіт (21 стосовно багаторазового / тривалого дослідження, 2 дослідження реплікації та 4 мультиметодних) виходять за рамки "одноразового дослідження", тобто ці документи вивчають фактори успіху з часом під різними кутами, та / або застосовувати їх з програмами.

Друга тенденція, яка спостерігається в нашому початковому дослідженні, може бути підтверджена: 126 із 769 присвячені збору та вивченню факторів успіху. Більшість статей класифікуються як філософські роботи, тобто ці статті повідомляють про вторинні дослідження або дослідження, засновані на дискусіях, і більшість статей представляють фактори успіху як отримані уроки. Однак дані також вказують на фактори успіху, що створюються з обмежених досліджень з точки зору

довгострокового спостереження або оцінки з різних сторін. Лише 27 статей згадують відповідний підхід до дослідження. Крім того, 18 зі 126 робіт класифікуються як вторинні дослідження, тобто спостерігається тенденція до сприяння збору та агрегуванню інформації.

## 2.7 SPI для SME

Третя тенденція, яка спостерігалася в первісному дослідженні – зростаючий інтерес до SPI для малих і середніх підприємств (SME). На рисунку 2.11 наведено огляд частки статей, явно присвячених SPI у SME (та інших розмірів компаній, якщо це зазначено в назві, ключових словах або тезах).

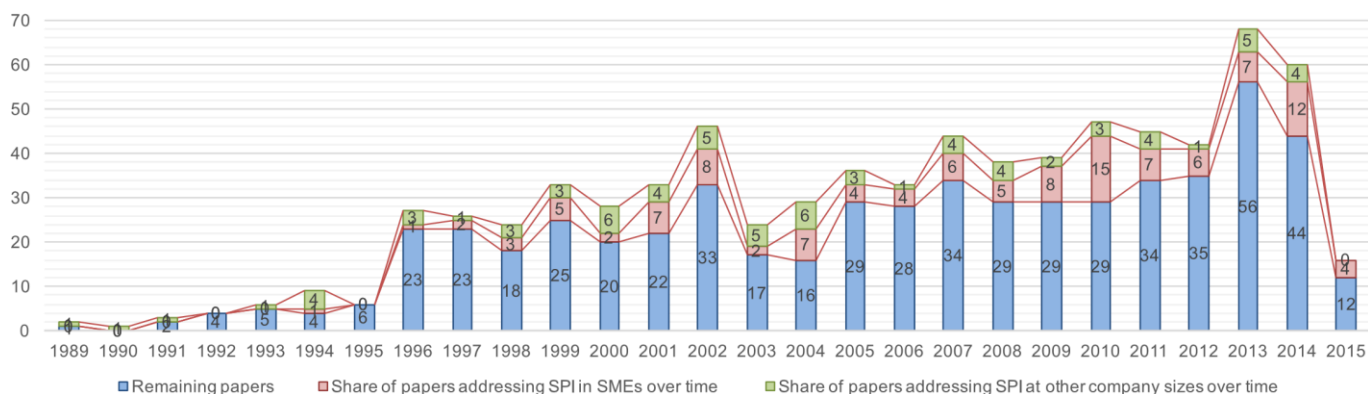


Рисунок 2.11 – Графік тенденцій частки статей SPI в контексті SME

На рисунку показано перший "пік" з 1996-2002 рр. (Що відповідає фазі "dot-com"), а потім зростаючий інтерес, який знову розпочався в 2007 р. і триває дотепер. Загалом 186 із 769 статей чітко зазначають розмір компанії в контексті, в яких 116 статей (15,1%) згадують SME (або VSE), а ще 75 статей (9,8%) згадують про інші розміри компаній; одна стаття звертається до компаній незалежно від їх розміру. Наскрізні розміри компанії, метадані також містять атрибут Глобальної інженерії програмного забезпечення (GSE), тобто якщо SPI має місце в глобальних умовах. Загалом у 37 статтях розглядаються питання, пов'язані з GSE. Далі ми надаємо деяку інформацію щодо тем, які стосуються SPI для SME, а також огляд відповідних доменів програм та охоплених фаз життєвого циклу.

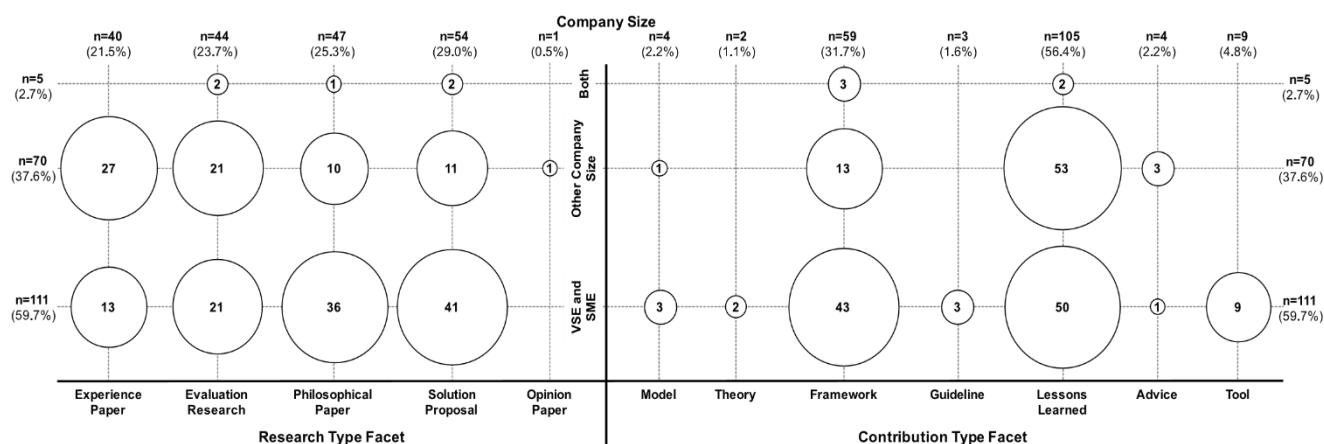


Рисунок 2.12 – Огляд класифікації публікацій, що стосуються SPI

у малих та дуже малих компаніях, та SPI в інших розмірах компаній (  $n \geq 186$  )

На рисунку 2.12 наведено систематичну мапу статей, де чітко згадується контекст компанії. На рисунку представлена класифікація за факторами досліджень та внесків. Що стосується аспекту типу досліджень, рис. 2.12 показує досить збалансовану картину, тобто ми знаходимо пропозиції щодо рішень, філософські роботи, оціночні дослідження та роботи з досвідом.

Щоб отримати більше інформації, ми відфільтрували метадані щодо розміру компанії. Результати проілюстровано в таблицях 2.2 – 2.4. Таблиця 2.2 показує, що більшість статей, пов'язаних з VSE / SME, виходять із домену розробки програмного забезпечення на основі Інтернету, мобільних мереж та хмар.

Таблиця 2.2 – Огляд доменів програм SPI

Домен програми	V / SME	Інший
Вбудована система	1	9
Телекомунікації	0	16
Медичні вироби	0	0
Автомобільна	2	1
Критично важливий захист	1	4
Бізнес	1	4
Інтернет / Мобільний телефон / Хмара	8	1
Навички та освіта	1	1

Таблиця 2.3 – Огляд цілей публікації

Мета публікації	V / SME	Інший
Agile / Lean	9	7
Моделювання процесу	0	1
Технологічна лінія / Шаблони	1	2
Лінійка продуктів / Управління	1	1
Фактори успіху	21	8
Нестандартна модель	54	23
Загальне покращення	29	28

Таблиця 2.4 – Огляд адресованих фаз життєвого циклу

Фаза життєвого циклу	V / SME	Інший
Управління проєктами	13	10
Управління якістю	6	7
Інженерні вимоги	1	6
Архітектура	3	4
Впровадження	2	2
Тест	1	4

Компанії, віднесені до категорії "інші", тобто великі компанії та глобальні гравці, здебільшого роблять внесок у сукупність знань із вбудованих систем та телекомунікацій. Щодо відповідних цілей публікації, таблиця 2.3 знову показує тенденцію до внеску нестандартних / нових моделей SPI – особливо для контексту VSE / SME та збору факторів успіху. У таблиці 2.3 також показано інтерес до Agile та Lean підходів у контексті SPI. Як уже зазначалося, певна тенденція демонструє особливу увагу до вдосконалення управління проєктами та якістю.

Таблиця 2.4 відображає цю тенденцію також для контексту розміру компанії, тоді як великі компанії та глобальні гравці, мабуть, звертаються до більш широкого спектру фаз життєвого циклу.

Серед 769 робіт із набору результатів 186 чітко згадує розмір компанії як атрибут контексту. Загалом у 116 роботах чітко згадуються малі та дуже малі компанії як контекст дослідження. Майже половина статей (54 статті) стосуються

нестандартних / нових моделей SPI, що підтверджує раніше відмічену тенденцію. У цьому наборі результатів ми виявляємо зростаючий інтерес до SPI для SME, що також підтримується стандартом ISO / IEC 29110, який прямо стосується SPI для малих і дуже малих компаній.

## 2.8 SPI та Agile-розробка

Рис. 2.13 візуалізує четверту тенденцію: хоча і сприймається як суперечливість, в останні роки поєднанню Agile та SPI приділялася певна увага, наприклад, Agile моделі зрілості. Загалом набір результатів містить 73 статті (9,5%), що стосуються Agile в контексті SPI, а на рис. 2.13 показані перші вклади з цієї теми навколо публікації Agile Manifesto. Однак "справжній" інтерес почався приблизно в 2008 році, подібно до [16], коли кількість досліджень, що стосуються Agile та SPI, почала збільшуватися.

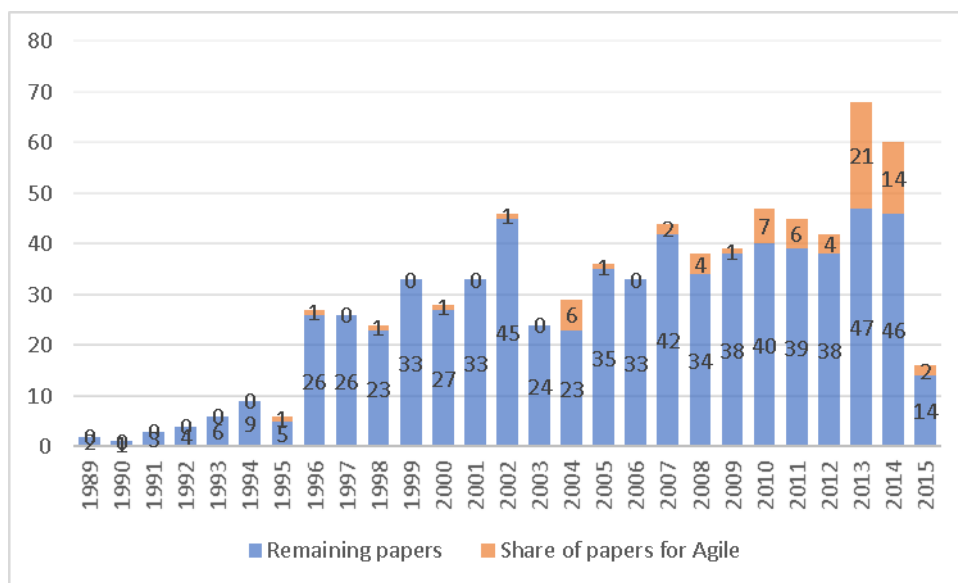


Рисунок 2.13 – Графік тенденцій частки статей, що досліджують застосування Agile в SPI

Рисунок 2.14 показує загальну картину шляхом візуалізації аспектів досліджень та внесків у статтях щодо Agile та SPI. На рисунку показано збалансоване дослідження, тобто набір результатів містить пропозиції щодо рішень, а також

оціночні дослідження та звіти про досвід, а також філософські статті, що обговорюють спритність та SPI (лише дві з філософських робіт є вторинними дослідженнями). Більшість із 73 статей надають отримані уроки (із застосування гнучкості в SPI чи пов'язаних з ними заходах) та основи.

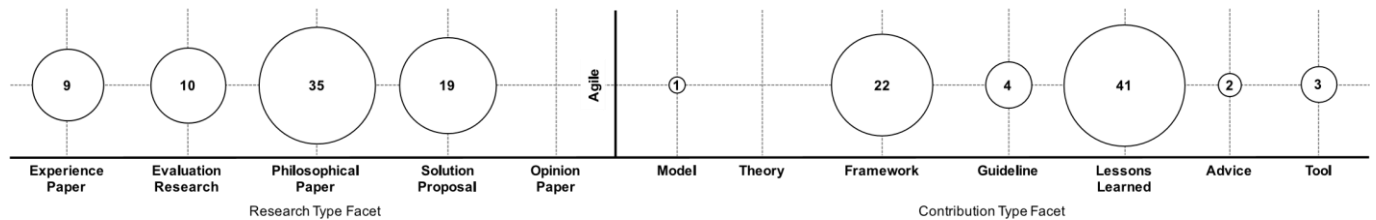


Рисунок 2.14 – Огляд класифікації публікацій, що стосуються Agile та SPI ( $n = 73$ )

Аналізуючи 73 статті для зібраних метаданих, 20 статей обговорюють Agile у контексті стандартних моделей SPI, тобто CMMI та ISO / IEC 15504, ISO / IEC 33001. Крім того, 22 статті пропонують власні моделі SPI, з яких шість статей обґрунтовують свою пропозицію в CMMI, а три статті в ISO / IEC 15504, ISO / IEC 33001. У 16 статтях обговорюються фактори успіху, пов'язані зі Agile та SPI, тоді як лише один документ розробляє модель факторів успіху, а решта 12 статей повідомляють лише про отримані уроки.

Щодо розміру компанії, у дев'яти статтях чітко згадуються VSE та SME як контекст дослідження, а сім статей стосуються інших розмірів компаній (переважно у сфері вбудованих систем та телекомунікаційних додатків). Крім того, п'ять статей обговорюють Agile у контексті глобальної інженерії програмного забезпечення (три з них у контексті великих компаній). Нарешті, щодо охоплених фаз життєвого циклу, шість статей спрямовані на вдосконалення управління проєктами, а дев'ять статей стосуються управління якістю та тестування програмного забезпечення.

Серед 769 робіт із набору результатів 73 стосуються Agile та SPI. Ці статті стосуються різноманітних тем, що демонструють Agile, яка вважається актуальною для багатьох аспектів розробки програмного забезпечення та системи, що стає цікавим і для SPI. Більшість класифікованих статей стосується Agile як концепції вдосконалення процесів. Однак набір результатів також містить документи, що

адаптують Agile для SPI як таку, як моделі швидкої зрілості (наприклад, [32]) або концепції, що обґрунтовують Agile та стандартні моделі SPI. Набір результатів також показує, що Agile стосується не лише V / SME, але також великі компанії та навіть світові гравці все більше зацікавлені в Agile.

## РОЗДІЛ 3

### КОНСОЛІДАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗБІР ДАНИХ

У цьому розділі ми обговорюємо отримані на сьогодні висновки. Окрім обговорення тенденцій, вже визначених у нашому дослідженні, ми також розширюємо нашу перспективу та обговорюємо подальші тенденції, які можна знайти в оновленому наборі результатів.

#### 3.1 Подальше розуміння досліджень SPI

Окрім вищезазначених основних тенденцій, оновлене дослідження (включаючи оновлені процедури аналізу даних) дає більше розуміння, але мало подальших тенденцій. Спочатку дослідження підтверджує твердження [3] про те, що SPI важливий для всіх компаній незалежно від їх розміру, і, можна додати, навіть незалежно від сфери їх застосування. Обґрунтування цього зростаючого інтересу можна знайти у нових технологіях та на ринках (див. також атрибут GSE на рис. 2.5), а також в еволюції методів розробки програмного забезпечення.

Наприклад, кілька досліджень, таких як [33], демонструють зростаючий інтерес до Agile і Lean підходів, і, одночасно, [5] та [34] вивчають, як ця тенденція проявляється у використанні процесів компаній. Особливо автори [34] згадують гібридні програмні процеси (або "Water-Scrum-Fall", як їх названо в [35]) як стандартний підхід. Проте поки що мало що відомо про (систематичний) розвиток таких гібридних процесів. Це можна вважати однією з причин зростаючого інтересу до SPI: компанії хочуть / повинні застосовувати Agile / Lean підходи (наприклад, [36]), але вони також повинні дотримуватися зовнішніх норм та стандартів (наприклад, у домені систем, що мають важливе значення для безпеки), яку ми вважаємо головним рушієм ініціатив SPI.

Іншу перспективу дають VSE та SME, які також мають зростаючий інтерес до SPI. Однак для компаній такого розміру стандартні підходи, такі як CMMI або ISO / IEC 15504, ISO / IEC 33001, часто є недоречними (див., наприклад, [37]). У цьому



масштабі важливі Agile / Lean, а також підходи до SPI, специфічні для контексту, що можна вважати поясненням значної кількості спеціальних / нових моделей SPI, таких як LAPPI ([38]) або спеціальні стандарти, такі як ISO / IEC 29110 ([39]).

Ще однією висновком дослідження є сильна увага до управління проектами та управління якістю (часто разом з тестуванням) в SPI. Менеджери хочуть мати своє "безпечне" та вимірюване середовище, тоді як розробники віддають перевагу тонкому та гнучкому підходу до розробки. Ця лінія аргументації дає підстави для двох спостережень цього дослідження: по-перше, методика вимірювань постійно вивчається для застосування в проектах, і, по-друге, інтерес до методів управління Agile/Lean постійно зростає.

І те, і інше разом призводить до ряду згаданих вище гібридних програмних процесів, а також до контекстних підходів SPI, які – все разом – дають пояснення сильної уваги до управління проектами та (загального) якості. Щодо решти фаз життєвого циклу, тематика вимог та тестування програмного забезпечення є найбільш часто досліджуваними темами в SPI. Однак велика кількість робіт, пов'язаних із тестуванням (порівняно з документами, пов'язаними із впровадженням), спонукає до питання, чому цей досить "пізній" етап є більш наголошеним, особливо в часи г Agile/Lean розробки програмного забезпечення. Чи тестування також стосується реалізації? Чи підлягає тестуванню вдосконалення через зусилля, витрачені на цю діяльність? Однак це питання, на які неможливо відповісти на поточному етапі дослідження, таким чином залишаються предметом майбутньої роботи.

### **3.2 Висновок про поточний стан SPI**

Наші дані показують різноманітну картину і, крім того, показують SPI часто досліджувану тему (рис. 2.1). Більше того, дослідження SPI стосується різних аспектів із певними фокусами. Більшість досліджуваних публікацій зосереджується на пропонуванні спеціальних / нових фреймворків та на врахуванні досвіду. Крім того, наші результати показують значний дисбаланс між пропонуванням нових

рішень та оцінкою їх доцільності – особливо в довгостроковій перспективі. Більшість досліджень проводиться в контексті стандартизованих моделей SPI та зрілості (рис. 2.7).

Для нещодавно запропонованих моделей ми часто зустрічаємо – якщо взагалі – перевірку лише в окремому випадку (у промислових лабораторіях або лабораторіях, що розміщуються в університетах); лише декілька, наприклад, [38] надають всебічну оцінку. Іншим висновком є відсутність теоретичних підходів, які часто проводяться для конкретних областей (наприклад, SME) або обґрунтовуються лише у вторинних дослідженнях. Підводячи підсумок, хоча SPI існує десятки років, ми все ще не маємо обґрунтованої теорії про SPI. Ми маємо низку стандартизованих та специфічних моделей та платформ SPI. Однак нам все ще бракує доказів.

Однією з причин може бути те, що SPI завжди передбачає зміну поведінки окремих людей та зміну культури організації. Через різний контекст SPI не може бути занадто описовим. Тому пропонуються основи та інструменти для адаптації до відповідного контексту. Це також дасть пояснення зусиль, витрачених на вивчення факторів успіху SPI, що можна вважати раннім кроком на шляху до створення більш загальної та контекстно-агностичної теорії щодо SPI.

Проте постійну зміну або еволюцію контексту можна вважати безперервним стимулом для створення нових систем, що мають лише короткий життєвий цикл і швидко замінюються іншими системами, які мають на меті "краще" вирішити певне питання. Це припущення підтверджується відсутніми довгостроковими дослідженнями та дослідженнями реплікації. Проте ця постійна зміна також може поставити на карту всі спроби стандартизації SPI. Наприклад, [34], [40] показали, що компанії використовують високо налаштовані та специфічні процеси, і вищезазначене різноманіття може опинитися в ситуації, коли кожна організація впроваджує свій власний "доморощений" підхід SPI, залишаючи лише необов'язкові ініціативи, такі як SPI Маніфест як найменший спільний знаменник.

Крім того, відсутністю є критична дискусія та порівняння наявних підходів, а також їх використання та доцільність на практиці. Хоча ми знайшли 55 вторинних

досліджень, ці дослідження зосереджуються на дослідженні факторів успіху, а не на наданні структури та спробі узагальнити наявні знання.

Однак у нашому дослідженні ми виявили понад 200 статей, що стосуються стандартних підходів SPI, 295 статей, що представляють / обговорюють власні / нові моделі, а також ми виявили 126 статей, явно присвячених факторам успіху SPI. У сукупності ці статті дають багатий ґрунт для проведення досліджень еволюції моделей SPI, які допомогли б вивчити фактичну суть моделей SPI, факторів, що позитивно / негативно впливають на успіх програм SPI. У двох словах, наші результати показують, що SPI – це сфера, що все ще розвивається, що характеризується пропозиціями щодо рішень та досвідом, що очікує на додаткові зусилля щодо систематизації.

### **3.3 Загрози дійсності**

Як літературне дослідження, це дослідження страждає від потенційної неповноти результатів пошуку та загальної упередженості публікації, тобто позитивні результати частіше публікуються, ніж невдалі спроби. Наприклад, набір результатів не містить досліджень, які явно повідомляють про невдачі та роблять свої висновки на основі отриманих уроків, і, отже, ми не можемо аналізувати пропозиції, щоб відповісти на запитання: Що працює, а що ні. Тобто наше дослідження стикається з ризиком скласти неповну та потенційно занадто позитивну картину.

#### **3.3.1 Внутрішня дійсність**

Окрім вищезазначеної більш загальної загрози, внутрішня валідність дослідження могла бути упередженою завдяки особистим рейтингам дослідників-учасників. Щоб усунути цей ризик, використано різні допоміжні інструменти та триангуляцію дослідників для підтримки очищення набору даних, вибору дослідження та класифікації.

Крім того, через невідповідність фасету типу фокусу як схеми класифікації на цьому етапі дослідження, ми вирішили цю загрозу дійсності, спираючись на новий,

більш гнучкий набір метаданих. Цей новий інструмент вирішує раніше знайдені проблеми, а саме (загальну) неузгодженість щодо категоризації, а також відсутність точності та вимоги до кількох присвоєнь відповідно. Однак, хоча проблеми з фасетом типу фокусу були вирішені, схема метаданих вводить потенційно нові загрози.

Наприклад, через характер дослідження, ми не можемо забезпечити наявність повного набору метаданих для кожної статті (як уже зазначалося вище, лише 30% статей мають атрибути з усіх трьох метаданих присвоєні розміри, і, тим не менше, ми не можемо гарантувати, що захопили всі метадані). Крім того, зібрані досі метадані потрібно вважати початковими, оскільки потенційно існує більше атрибутів, що цікавлять.

Тобто, оскільки ми в першу чергу покладаємось на інструмент дослідження картографування, деякі метадані все ще можуть не бути захоплені, оскільки для цього потрібен більш поглиблений аналіз, наприклад, за допомогою інструменту систематичного огляду. Крім того, коли ми ввели 40 атрибутів метаданих, ризик неправильної класифікації зростає, наприклад, через непорозуміння щодо застосовуваних критеріїв або через заплутане / оманливе використання термінології у відповідних роботах.

### **3.3.2 Зовнішня дійсність**

Зовнішня валідність означає ризик відсутності знань про узагальненості результатів. Однак, оскільки ми зосередилися на широкосмуговому аналізі, який приймає велику кількість публікацій, ми вважаємо, що створили узагальнений набір результатів. Крім того, зовнішній дійсності може загрожувати модифікована процедура збору даних, яка включає потенційне обмеження доданих фрагментів оновлення. Однак вищезазначені процедури забезпечення якості та аналізу тенденцій не показали значного впливу на тенденції розподілу статей у наборах результатів.

Тим не менше, для збільшення зовнішньої валідності для підтвердження наших висновків потрібні подальші оновлення та / або реплікаційні дослідження. Завдяки дослідженню, яке ми проводимо, ми закладаємо основу для таких досліджень, надаючи дієву процедуру оновлення, яку можуть застосувати інші дослідники. Крім

того, як уже зазначалося в дискусії щодо внутрішньої валідності, на узагальнення впливають також потенційні білі плями в атрибутах метаданих, що, однак, вимагає подальшого дослідження. Таке (незалежно проведене) дослідження (i) сприятиме внутрішній валідності, збільшуючи повноту набору даних, але (ii) також покращить зовнішню валідність, поступово покращуючи якість набору даних, що використовується для загальних висновків.

### 3.4 Процедури збору даних

Представлене дослідження закладає основу для постійного вивчення галузі дослідження вдосконалення процесів розробки програмного забезпечення (SPI). Для того, щоб підтримати це довгострокове дослідження, ефективна процедура поновлення дослідження є імперативом, який головним чином впливає на дані по збору процедур. Отже, у цьому розділі ми даємо інтегрований та детальний огляд процедури збору даних, виконаної у первинному дослідженні, та детально описуємо процедуру оновлення, яка застосовується для складання відповідного звіту.

### 3.5 Побудова запиту для збору даних

Було визначено ключові слова, які цікавлять, і визначили загальні пошукові рядки в таблиці 3.2, які потім перевірили в декількох тестових пробігах перед використанням у автоматизованому повнотекстовому пошуку в декількох базах даних літератури. Запити були побудовані на основі списків ключових слів, наведених загальноприйнятою термінологією в області програмних процесів та SPI.

**Загальні запити.** Загальні пошукові рядки  $S_1 - S_8$  були визначені відповідно до відповідних тем у SPI, наприклад, вдосконалення, оцінка, вимірювання, ISO / IEC 15504, ISO / IEC 33001, CMMI, управління якістю тощо. Через очікувану велику кількість результатів, ми вирішили доповнити загальні пошукові рядки контекстними селекторами  $C_1$  і  $C_2$ , щоб обмежити пошук до цікавить домену. Нарешті, ми завершили пошукові рядки, показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Збір даних та результати фільтрації (попередні набори результатів під час відбору та остаточного набору результатів)

Кроки	IEEE	ACM	Springer	Elsevier	Вілі	ІЕТ	Разом
Крок 1: Пошук ("Побудова запиту")							
$S_1 i (C_1 \text{ або } C_2)$	71	543	306	991	1185	89	3185
$S_2 i (C_1 \text{ або } C_2)$	68	539	306	989	1133	89	3,124
$S_3 i (C_1 \text{ або } C_2)$	1310	2341	1032	2675	16,113	726	24 197
$S_4 i (C_1 \text{ або } C_2)$	130	925	438	945	2480	479	5397
$S_5 i (C_1 \text{ або } C_2)$	1585	2459	1038	2731	17 184	822	25 819
$S_6 i (C_1 \text{ або } C_2)$	535	1746	762	1863	9182	484	14 572
$S_7 i (C_1 \text{ або } C_2)$	168	324	143	242	765	41	1683
$S_8 i C_2$	114	105	433	1015	6,341	366	8 374
Крок 2: Видалення дублікатів ("Підготовка до аналізу")							
Дублікати на базу даних 1486		566	4388	7161	1328	1714	16 643
Дублікати у всіх базах даних 916		551	1059	2043	370	376	<b>5315</b>
Крок 3: Поглиблена фільтрація ("Фільтрувати запити")							
Застосування фільтрів $F_1$ та $F_2$ 578		-	-	710	221	53	1562
Нефільтрований –		551	1059	-	-	-	1610
Набір результатів (процес пошуку) 578		551	1059	710	221	53	<b>3,172</b>
Крок 4: Голосування ("Підготовка до аналізу")							
<b>Остаточний результат</b> 283		65	114	103	67	3	<b>635</b>

**Фільтрування запитів.** Через повнотекстовий пошук ми очікували різноманітних публікацій, включаючи деякі накладні витрати.

Таблиця 3.2 – Рядки пошуку, що використовуються для пошуку в базі даних у початковому дослідженні

Рядок пошуку	Адреси	Рядок пошуку
S <sub>1</sub>	(life-cycle or lifecycle or life cycle) and (management or administration or development or description or authoring or deployment)	управління процесами: загальний життєвий цикл
S <sub>2</sub>	(life-cycle or lifecycle or life cycle) and (design or modeling or modelling or analysis or training)	фази життєвого циклу програмного процесу
S <sub>3</sub>	modeling or modelling or model-based or approach or variant	моделювання процесів
S <sub>4</sub>	optimization or optimisation or customization or customisation or tailoring	налаштування та пошиття процесів
S <sub>5</sub>	(measurement or evaluation or approach or variant or improvement)	загальне вимірювання та вдосконалення
S <sub>6</sub>	reference model or quality management or evaluation or assessment or audit or CMMI or Capability Maturity Model Integration	еталонні моделі та управління якістю
S <sub>7</sub>	SCAMPI or Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement or SPICE or ISO/IEC 15504, ISO/IEC 33001 or PSP or Personal Software Process or TSP or Team Software Process	еталонні моделі та підходи до оцінки
S <sub>8</sub>	(feasibility or experience) and (study or report)	повідомлення про знання та емпіричні дослідження
C <sub>1</sub>	software process and (software development model or process model)	визначення контексту: програмні процеси
C <sub>2</sub>	SPI or software process improvement	визначення контексту: SPI
F <sub>1</sub>	(SPI or software process improvement) and (approach or practice or management)	SPI підходи, практики та управління SPI
F <sub>2</sub>	(SPI or software process improvement) and report and (feasibility or experience)	оціночні дослідження щодо SPI, наприклад, дослідження, звіти тощо.

Таким чином, ми визначили два запити фільтрування  $F_1$  та  $F_2$ , які будуть застосовані до початкового набору результатів з метою зменшення набору результатів до ключових публікацій. Запит  $F_1$  спрямований на пошук усіх публікацій у наборі результатів, що явно представляють підходи та практики SPI або стосуються управління SPI.  $F_2$  спрямований на пошук усіх звітів у контексті SPI, в яких аналізується доцільність або повідомляється про досвід. Хоча початковий пошук був повнотекстовим, запити фільтра застосовувались лише до тез. Однак з технічних причин реферати ACM та Springer частково були недоступні у початковому наборі результатів, і, отже, фільтрація проводилася вручну під час процедури голосування.

### **3.6 Джерела даних та формат даних**

Початковим збором даних був автоматизований повнотекстовий пошук у декількох базах даних літератури. В якості основних джерел даних ми спиралися на створені бази даних літератури, які ми вважаємо найбільш придатними для пошуку. Зокрема, ми вибрали такі бази даних: Цифрова бібліотека ACM, SpringerLink, Цифрова бібліотека IEEE (Xplore), Wiley, Elsevier (Science Direct) та програмне забезпечення IET. Якщо в одній із цих баз даних був документ, який був перерахований, але був лише переданий, ми зарахували його до бази даних, яка створила елемент, незалежно від фактичного місця публікації.

### **3.7 Підготовка аналізу**

Ми виконали автоматизований пошук, який вимагав відфільтрувати та підготувати набір результатів. Аналіз даних готується шляхом узгодження даних та проведення двоступеневого процесу голосування.

Завдяки побудові запитів ми виявили величезну кількість різноманітних випадків у наборі результатів, а також виявили низку публікацій, які не належать до програмної інженерії чи інформатики. Щоб зробити вибір внесків більш ефективним, ми спочатку очистили початковий набір результатів (див. таблицю 3.1 щодо результатів за фазу). На першому кроці ми вилучили дублікати, які ми визначили за



назвою, роком та списком авторів. На другому кроці ми застосували запити фільтру, щоб відсортувати публікації, не присвячені програмним процесам та SPI. Для подвійної перевірки набору результатів ми використовували хмари слів, створені з тез та списків ключових слів, щоб перевірити, чи відповідає набір результатів нашим вимогам. Ця процедура виконувалась окремо для кожної бази даних і знову на інтегрованому наборі результатів.

Нарешті, ми заповнили відсутні дані для підготовки процедури голосування.

Остаточний вибір, включений чи не був документ у набір результатів, був зроблений за допомогою багатоступеневої процедури голосування.

### **3.8 Збір даних в оновленні дослідження**

У цьому розділі ми представляємо детальну інформацію про рекомендовану процедуру збору даних, яка застосовується для оновлення дослідження.

#### **3.8.1 Пошукові запити**

Основним оновленням процедури пошуку є пошукова система, яка використовується для пошуку. Замість того, щоб повторювати пошук за окремими базами даних, здійснено було перехід на Scopus, оскільки Scopus як мета-пошукова система охоплює більшість відповідних місць програмної інженерії (журнали, а також конференції). Однак це змінює загальну процедуру пошуку, зокрема рядки пошуку повинні бути відповідно оновлені. Адаптовані пошукові рядки узагальнені в таблиці 3.3. Порівнюючи нові пошукові запити із запитам початкового дослідження з таблиці 3.2, стає очевидним, що селектори контексту та запити фільтру тепер інтегровані з пошуковими рядками.

#### **3.8.2 Процедура пошуку та очищення**

Зміна пошукової системи також впливає на процедури очищення, що вимагає оновленого підходу до очищення та фільтрації.

Таблиця 3.3 – Рядки остаточного пошуку, що використовуються для автоматичного пошуку бази даних у процедурі оновлення дослідження

S <sub>1</sub>	((life-cycle or lifecycle or "life cycle") and (management or administration or development or description or authoring or deployment)) and (("software process "and ("software development model" or "process model")) or (SPI or" software process improvement"))
S <sub>2</sub>	(modeling or modelling or model-based or approach or variant) and (("software process" and ("software development model" or "process model")) or (SPI or" software process improvement"))
S <sub>3</sub>	(optimization or optimisation or customization or customisation or tailoring) and (("software process" and ("software development model" or "process model")) or (SPI or "software process improvement"))
S <sub>4</sub>	("reference model" or "quality management" or evaluation or (assessment or audit) or (CMMI or "Capability Maturity Model Integration")) and (("software process" and ("software development model" or "process model")) or (SPI or" software process improvement"))
S <sub>5</sub>	((feasibility or experience) and (study or report)) and (SPI or" software process improvement")
S <sub>6</sub>	((life-cycle or lifecycle or" life cycle") and (design or modeling or modelling or analysis or training)) and (("software process "and ("software development model" or" process model")) or (SPI or" software process improvement"))
S <sub>7</sub>	(measurement or evaluation or approach or variant or improvement) and (("software process" and ("software development model" or "process model")) or (SPI or" software process improvement"))
S <sub>8</sub>	((SCAMPI or" Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement") or (SPICE or "ISO/IEC 15504, ISO/IEC 33001") or (PSP or "Personal Software Process") or (TSP or "Team Software Process")) and (("software process" and ("software development model" or "process model")) or (SPI or "software process improvement"))

Щоб застосувати нові пошукові рядки до пошуку в Scopus, очистити дані та ініціювати вибір дослідження, слід застосувати таку процедуру:

1. Вставте пошукові рядки S<sub>1</sub> – S<sub>8</sub> окремо з застосуванням діапазону часу, тобто виконайте 8 індивідуальних пошуків для необхідного часового інтервалу оновлення.

2. Встановіть автоматичне виключення в Scopus, використовуючи критерій виключення EC<sub>2</sub> (таблиця 1.2), на: "предметні області" = інформатика, інженерія або багаторазове використання

3. Встановіть автоматичне виключення в Scopus, використовуючи критерій виключення EC<sub>1</sub> (таблиця 1.2), на: "мова"= ТІЛЬКИ англійська

4. Експоруйте всі результати пошуку в один файл Microsoft Excel.

5. Видаліть дублікати (EC<sub>4</sub>, таблиця 1.2), застосувавши функцію усунення дублікатів у Microsoft Excel до заголовка статті (перевірте та підтвердьте, також перевіривши авторів та реферат).

6. Проводити процедури відбору дослідження на основі критеріїв включення та виключення, перелічених у таблиці 1.2.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **4.1 Вплив факторів трудового середовища на здоров'я та працездатність розробника програм**

Безпека працівника нерозривно пов'язана з оточуючим її виробничим середовищем. Останнє характеризується породжуваними діяльністю людини об'єктами, явищами, фізичними, хімічними, біологічними та соціальними факторами, які прямо чи опосередковано впливають на самопочуття та стан здоров'я працюючих [41].

Людини може бути у безпеці тільки в такому стані виробничого середовища, коли виключена дія на неї небезпечних та шкідливих чинників.

Існує класифікація небезпечних та шкідливих факторів, яка розроблена для виробничих умов. Згідно з цією класифікацією небезпечні та шкідливі фактори за природою дії підрозділяються на 4 групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні [42], [43].

Будь-які фізіологічні, фізичні, хімічні чи емоційні впливи, будь то температура повітря, зміна атмосферного тиску або хвилювання, радість, сум можуть бути приводом до виходу організму зі стану динамічної рівноваги. Автоматично, на основі єдності різних механізмів регуляції здійснюється саморегуляція фізіологічних функцій, що забезпечує підтримку життєдіяльності організму на постійному рівні. При малих рівнях впливу подразника людина просто сприймає інформацію, що надходить ззовні. Вона бачить навколишній світ, чує його звуки, вдихає аромат різних запахів, сприймає дотиком і використовує у своїх цілях вплив багатьох факторів. При високих рівнях впливу виявляються небажані біологічні ефекти. Компенсація змін факторів довкілля виявляється можливою завдяки активації систем, відповідальних за адаптацію (приспосовування).

Напруженість праці відображає навантаження на центральну нервову систему, психічні функції, характеризується обсягом сприйманої інформації, щільністю

сигналів, що надходять, станом аналізаторних систем, рівнем емоційної напруги і визначається ступенем напруги уваги. За цим показником працюю поділяють на 4 групи (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Класифікація робіт за напруженістю праці

Ступінь напруженості праці	Концентрація уваги
ненапружений	25 % часу роботи
мало напружений	50 % часу роботи
напружений	75 % часу роботи
дуже напружений	Більше 75 % часу роботи

За фізіологією, праця підрозділяється на:

- динамічну м'язову роботу, при якій м'язи різних м'язових груп поперемінно розтягуються і скорочуються (наприклад, при обертанні кривошипних рукояток);

- статичну м'язову роботу, при якій м'язи не рухаються.

При статичній роботі м'язи недостатньо поповнюються живильними речовинами, які переносяться кров'ю, і не звільняються від продуктів розпаду, що виникають при обміні речовин в організмі людини; це викликає хворобливе відчуття в м'язах і фізичну утому. Напруга при статичній роботі в 5 разів перевищує напругу, викликувану динамічною. При статичній роботі потрібно в 3 – 4 рази більше часу на відновлення енергії. Статична робота менш ефективна. При роботі в положенні стоячи ряд м'язів перебуває в постійній нарузі. При статичній роботі з навантаженням великої групи м'язів необхідно регулярно вводити перерви на відпочинок.

Основні принципи використання статичної роботи:

- статичне навантаження, що виникає при маніпулюванні органами керування, не повинні перевищувати 15 % максимального зусилля відповідної кінцівки при даній робочій позі оператора;

– при зусиллі перевищуючому 25% максимального зусилля, фізична втома спостерігається через 5 хв., а при зусиллі перевищуючому 50% максимального зусилля, м'язи витримують статичну напругу не більш 1 хв.

– робоче місце і робочі рухи повинні вибиратися таким чином, щоб обмежити статичну роботу до можливого мінімуму.

Для цього необхідно:

– обмежити до мінімуму виконання роботи в незручному положенні тіла або кінцівок;

– виключити виконання робіт у перебігу тривалого періоду часу в положенні руки розведені в сторони, підняті нагору, витягнуті вперед;

– обмежити тривалість утримання інструменту, матеріалу або перенесення вантажу;

– обмежити випадки збереження нерухомого положення тіла при виконанні робіт або дуже повільних робочих рухів руками.

Монотонна праця – це праця одноманітна, потребує від людини тривалого виконання однотипних простих операцій (монотонність дії) або безперервної концентрації уваги в умовах надходження малого обсягу професійно значимої інформації (монотонність обстановки).

При монотонній праці в організмі людини може розвинути комплекс фізіологічних і психологічних змін, відомий як стан монотонії. При виникненні стану монотонії – знижується продуктивність праці:

– збільшується брак продукції;

– зростає можливість прийняття невірних рішень; - одержання виробничих травм.

У результаті зменшується надійність людини, притупляється його пильність з можливими тяжкими наслідками в таких професіях як водії транспортних засобів, оператори пультів керування в енергетичній і хімічній промисловості, диспетчери аеропортів.

Серед факторів, що перешкоджають розвиткові монотонії, одне з ведучих місць займає ступінь функціональної робочої напруги, що включає.

- величину м'язових зусиль,
- темп роботи,
- ступінь її точності,
- наявність примусового темпу, ступенем складності і відповідальності, - рівень нервово-емоційної напруги.

Чим більше фізична чи тяжкість нервова напруженість праці, тим у меншому ступені монотонна, одноманітна праця приводить до розвитку стану монотонії.

До факторів, що сприяють розвиткові стану монотонії, відносяться:

- гіпокінезія, низька відповідальність
- фактори навколишнього оточення: постійний фоновий шум і вібрація, недостатнє освітлення, некомфортний мікроклімат, замкнутість робочого простору й одноманітність оформлення інтер'єру виробничих приміщень.

Стосовно монотонної діяльності люди поділяються на дві групи: монотофілів і монотофобів.

Для монотофілів характерні слабкий тип нервової діяльності, інертні нервові процеси, низькі показники по шкалі інтроверсії - екстраверсії, замкнутість, низький рівень нейротизму, низька тривожність. Монотофіли стійкі до розвитку монотонії, можуть виконувати монотонну роботу протягом тривалого часу .

Монотофоби володіють сильними процесами збудження, високою рухливістю нервових процесів, вираженої екстраверсією, високий рівень нейротизму, емоційну нестійкість, високу тривожність. Монотофоби схильні до розвитку монотонії при виконанні монотонної роботи.

## **4.2 Шкідливий вплив іонізуючого випромінювання**

Іонізуючі випромінювання знаходять широке використання в різних галузях промисловості. Їх використовують для автоматичного контролю технологічних процесів, контролю якості виробів, зварних швів, структури металів тощо [44].

Для виробництва електроенергії на атомних електростанціях необхідне ядерне паливо, виробництво якого, починаючи від добування уранової руди і закінчуючи виготовленням та транспортуванням паливних елементів, призводить до опромінення персоналу. Незначні додаткові дози опромінення працівники отримують від таких техногенних джерел, як теплові електростанції (підвищена активність їх відходів та аерозолів), підприємств, які пов'язані з видобуванням та переробкою корисних копалин, а також різноманітних приладів та обладнання з джерелами випромінювання, що знаходять широке використання у промисловості і сільськогосподарському виробництві.

Основним документом, що встановлює радіаційно-гігієнічні регламенти для забезпечення прийнятих рівнів опромінення, є Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

НРБУ-97 регламентують опромінення людини джерелами іонізуючого випромінювання в умовах:

- нормальної експлуатації індустриальних джерел іонізуючого випромінювання;
- медичної практики;
- радіаційних аварій;
- опромінення техногенно-підсиленими джерелами природного походження.

Відповідно до цього НРБУ-97 встановлено чотири групи радіаційно-гігієнічних регламентів:

- перша – обмежує опромінення від ядерно-радіаційних об'єктів;
- друга – обмежує опромінення людей від медичних джерел;
- третя – обмежує опромінення в умовах радіаційних аварій;
- четверта – обмежує опромінення від техногенно підслених джерел природного походження.

Враховуючи різнобічні наслідки опромінення людей іонізуючим випромінюванням, їх нормування здійснюється залежно від категорії людей, що



опромінюються, а також від чутливості органів тіла людини, на які діє іонізуюче випромінювання.

Виділяють наступні категорії:

А – особи з числа персоналу, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючого випромінювання;

Б – особи з числа персоналу, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючого випромінювання, але у зв'язку з розташування робочих місць в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційноядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення; В – все населення.

Частина населення, яке за своїми статевовіковими, соціально-професійними умовами, місцем проживання та іншими ознаками може отримувати найбільші рівні опромінення від даного джерела, прийнято виділяти як критичну групу.

Для осіб категорій А і Б НРБУ-97 встановлюються ліміти річних ефективних доз зовнішнього опромінення, а також ліміти річних еквівалентних доз зовнішнього опромінення окремих органів і тканин людини. Аналогічні ліміти вводяться і для критичних груп осіб категорії В. Ліміти дози опромінення наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Ліміти дози опромінення (мЗв/рік)

Назва лімітів	Категорія осіб, які зазнають опромінення		
	А	Б	В
<i>ЛД<sub>E</sub></i> (ліміт ефективної дози)	20*	2	1
Ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення:			
<i>ЛД<sub>lens</sub></i> (для кришталика ока)	150	15	15
<i>ЛД<sub>skin</sub></i> (для шкіри)	500	50	50
<i>ЛД<sub>eltrim</sub></i> (для кистей та стіп)	500	50	-

Є також обмеження стосовно швидкості накопичення дози для жінок дітородного віку та вагітних жінок, підвищеного опромінення в непередбачуваних ситуаціях та інші.

Крім лімітів дози опромінення, встановлюють допустимі рівні (ДР): потужності дози зовнішнього опромінення, забруднення поверхонь, надходження радіонуклідів через органи дихання тощо, які визначають виходячи із наведених лімітів дози опромінення.

З метою зниження рівнів опромінення населення Міністерство охорони здоров'я України запроваджує рекомендовані рівні медичного опромінення. При проведенні профілактичного обстеження населення річна ефективна доза не повинна перевищувати 1 мЗв.

Медичне опромінення – це опромінення працівників при медичних обстеженнях чи лікуванні. Опромінення повинно бути обґрунтованим і призначеним тільки лікарем для досягнення корисних діагностичних та терапевтичних ефектів, які неможливо отримати іншими методами діагностики та лікування.

Рекомендовані рівні медичного опромінення та детальні вимоги до обмеження і контролю за опроміненням пацієнтів регламентуються окремими спеціальними документами Міністерства охорони здоров'я України. При проведенні профілактичного медичного обстеження працівників річна ефективна доза не повинна перевищувати 1 мЗв.

Для радіометричного і дозиметричного контролю використовуються: дозиметри – для вимірювання зовнішніх потоків радіоактивного випромінювання; радіометри – для вимірювання рівнів забруднення навколишнього середовища; індивідуальні дозиметри – для індивідуального контролю.

Серед індивідуальних дозиметрів найбільше розповсюджені прилади, в яких використовують іонізаційні (за величиною іонізації середовища, через яке пройшло випромінювання) та фотографічні (за величиною опромінення фотографічної плівки іонізуючим випромінюванням) методи виміру.

У приладах для контролю потужності дози випромінювання широко застосовують іонізаційний та сцинтиляційний методи (за інтенсивністю світлових

спалахів, що виникають внаслідок люмінесценції в деяких речовинах під час проходження через них іонізуючих випромінювань).

При роботі з джерелами іонізуючих випромінювань здійснюють контроль і оцінку параметрів радіаційного фактора відповідно до НРБУ-97. При дотриманні контрольних рівнів умови праці на даному робочому місці оцінюються як допустимі. У разі їх перевищення оцінка шкідливості та небезпечності за радіаційним фактором здійснюється органами Держсанепіднагляду.

Засоби та заходи захисту від іонізуючих випромінювань поділяють на організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні.

Як правило, ефективний захист від іонізуючого випромінювання досягається при одночасному комплексному використанні зазначених заходів та засобів. При їх виборі враховуються особливості джерел випромінювання. Так, основними заходами, направленими на захист від альфа- та бета-випромінювань, є заходи, що націлені на недопущення накопичення альфа- і бета-активних ізотопів в організмі людини та забруднення шкіри: використання спеціального одягу та взуття, протипилових респіраторів, обезпилення повітря, вологе прибирання помешкань, недопущення вживання радіоактивно забруднених харчових продуктів, води та інші. При роботі з джерелами гама- та рентгенівського випромінювання захист персоналу досягається шляхом зниження активності джерел випромінювання, обмеження часу роботи з ними, збільшення відстані до джерел, екранування джерела іонізуючого випромінювання або зони знаходження людини.

## ВИСНОВКИ

У цій роботі представлено істотно оновлене систематичне картографічне дослідження щодо загального стану техніки в галузі покращення процесів розробки програмного забезпечення (SPI). Щоб проаналізувати дані, отримані в результаті автоматичного пошуку, ми спираємось на фасет дослідження типу [28] та фактор типу внеску від [30], як стандартні схеми класифікації. Крім того, для глибшого розуміння ми визначили 40 атрибутів метаданих. Загалом результати дослідження представлені в 769 роботах, які дозволяють проводити довгостроковий аналіз розвитку SPI та дозволяють визначити загальні тенденції.

Зокрема варто відзначити постійний рівень публікації спеціальних / нових моделей SPI, величезний інтерес до вивчення факторів успіху SPI та зростаючий інтерес до вивчення SPI в контексті (дуже) малих підприємств та прийняття гнучких принципів та практик для SPI. Серед іншого, 295 статей (38%) пропонують / обговорюють спеціальні або нові підходи SPI (починаючи від повноцінних моделей і закінчуючи конкретними спеціалізованими методами). З цих 295 робіт 74 обґрунтовують свій внесок у стандартні моделі, такі як CMMI або ISO / IEC 15504, ISO / IEC 33001, тоді як більшість статей базується на інших практиках або жодному з доступних підходів.

Більшість спеціальних / нових моделей охоплює самостійні підходи SPI, які, однак, навряд чи оцінюються в більш широкому контексті (найбільш часто використовуваним інструментом для проведення досліджень SPI є окреме дослідження). Більше того, пул публікацій орієнтований на пропозиції рішень, проте їм бракує теорій або моделей SPI. Що стосується другої тенденції, було визначено 126 статей (16,4%), що сприяють факторам успіху SPI. Дослідження того, як дистилювали фактори успіху, показало тенденцію до зростання вторинних досліджень.

Тобто, хоча більшість із складових робіт доповіді про порівняно короткочасних дослідженнях або дослідження, проведених в університетській лабораторії (тільки 27 статей вже змішаний метод або довгостроковий дослідницький підхід для вивчення

та оцінки факторів успіху), то спостерігається тенденція до накопичення інформації збору і структурування.

Третьою тенденцією є підвищення інтересу до SPI в контексті VSES і SME. У наборі результатів 116 статей (15,1%) явно звертаються до компаній такого розміру, приблизно половина (54 статті) стосується нестандартних / нових підходів SPI з урахуванням цього конкретного контексту. Проте набір результатів також показує нові стандарти, що стосуються цього контексту (наприклад, ISO / IEC 29110), представлені в дослідженні.

Останній досліджуваний тренд стосується Agile та SPI. У наборі результатів згадується 73 статті (9,5%), які переважно використовують Agile як концепцію для вдосконалення усталених процесів, але в наборі результатів також перелічені гнучкі моделі зрілості або подальші концепції для обґрунтування Agile та стандартних моделей SPI. Набір результатів також показує, що Agile стосується не лише VSES / SME, але також великих компаній і навіть глобальних гравців, наприклад, із сфери телекомунікацій, які демонструють зростаючий інтерес до Agile. Нарешті, виходячи за рамки вищезазначених загальних тенденцій, перевірка набору результатів показує, що SPI в основному стосується управління проектами та управління якістю (включаючи вимірювання), а набір результатів показує зростаючий інтерес до Agile / Lean підходів.

Обмеження. Хоча дослідження є довготривалим заходом, який збирає багато знань, наше дослідження має деякі обмеження. Зокрема, через загальну мету створити загальну картину, дослідження страждає від застосовуваного інструменту картографічного дослідження. Дослідження несе ризик неповної або навіть неправильної класифікації даних. Однак, щоб подолати це основне обмеження, необхідні подальші (незалежно проведені) дослідження для поступового вдосконалення даних. Крім того, це дослідження проводиться з точки зору "чистого" SPI. Тобто, (дуже) конкретні підходи SPI в конкретних областях можуть не ініціюватися дизайном дослідження. Щоб подолати це обмеження, знову ж таки, необхідне подальше доповнення досліджень для покращення якості даних.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Humphrey, Watts. *Managing the software process*. Addison Wesley, 1999.
2. Münch, Jürgen, et al. *Software process definition and management*. Springer Science & Business Media, 2012.
3. Horvat RV, Rozman I, Györkös J. 2000. Managing the complexity of SPI in small companies. *Software Process: Improvement and Practice* 5(1): 45–54.
4. Diebold P, Ostberg J-P, Wagner S, Zendler U. 2015. What do practitioners vary in using scrum? In: *International conference XP*. Berlin Heidelberg: Springer, 40–51.
5. Vijayasathy, Leo R., and Charles W. Butler. "Choice of software development methodologies: Do organizational, project, and team characteristics matter?." *IEEE software* 33.5 (2015): 86–94.
6. Theocharis G, Kuhrmann M, Münch J, Diebold P. 2015. Is water-scrum-fall reality? on the use of Agile and traditional development practices. In: *Proceedings of the international conference on product-focused software process improvement*. Lecture notes in computer science, vol. 9459. Berlin Heidelberg: Springer, 149–166.
7. Staples M, Niazi M, Jeffery R, Abrahams A, Byatt P, Murphy R. 2007. An exploratory study of why organizations do not adopt CMMI. *Journal of Systems and Software* 80(6):883–895.
8. Brodman JG, Johnson DL. 1994. What small businesses and small organizations say about the CMM. In: *International Conference on Software Engineering*. Piscataway: IEEE, 331–340.
9. Coleman G, O'Connor R. 2008. Investigating software process in practice: a grounded theory perspective. *Journal of Systems and Software* 81(5): 772–784.
10. Baddoo N, Hall T. 2003. De-motivators for software process improvement: an analysis of practitioners' views. *Journal of Systems and Software* 66(1): 23–33.
11. Hall T, Rainer A, Baddoo N. 2002. Implementing software process improvement: an empirical study. *Software Process: Improvement and Practice* 7(1): 3–15.

12. Umarji M, Seaman C. 2008. Why do programmers avoid metrics? In: Proceedings of the international symposium on empirical software engineering and measurement. New York: ACM, 129–138.
13. Raninen A, Ahonen JJ, Sihvonen H-M, Savolainen P, Beecham S. 2012. LAPPI: A light-weight technique to practical process modeling and improvement target identification. *Journal of Software: Evolution and Process* 25(9):915–933.
14. Rozman I, Vajde Horvat R, Gyórkós J, Hericùko M. 1997. Processus –integration of SEI CMM and ISO quality models. *Software Quality Journal* 6(1):37–63.
15. Pino F, García F, Piattini M. 2008. Software process improvement in small and medium software enterprises: a systematic review. *Software Quality Journal* 16(2):237–261.
16. Salo O, Abrahamsson P. 2007. An iterative improvement process for Agile software development. *Software Process: Improvement and Practice* 12(1):81–100.
17. Stelzer D, Mellis W. 1998. Success factors of organizational change in software process improvement. *Software Process: Improvement and Practice* 4(4):227–250.
18. Allison, Ian. "Organizational factors shaping software process improvement in small-medium sized software teams: A multi-case analysis." 2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology. IEEE, 2010.
19. Viana, Davi, et al. "The influence of human aspects on software process improvement: Qualitative research findings and comparison to previous studies." In: International conference on evaluation & assessment in software engineering, IET. I, 121–125.
20. Laporte, Claude Y., and Rory V. O'Connor. "Systems and software engineering standards for very small entities: implementation and initial results." 2014 9th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology. IEEE, 2014.
21. Paulish D, Carleton A. 1994. Case studies of software-process-improvement measurement. *IEEE Computer* 27(9):50–57.
22. Hannay JE, Benestad HC. 2010. Perceived productivity threats in large Agile development projects. In: Proceedings of the International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. New York: ACM, 15:1–15:10.

23. Korhonen K. 2013. Evaluating the impact of an Agile transformation: a longitudinal case study in a distributed context. *Software Quality Journal* 21(4): 599–624.
24. Kitchenham, Barbara A. "Systematic review in software engineering: where we are and where we should be going." *Proceedings of the 2nd international workshop on Evidential assessment of software technologies*. 2012.
25. Petersen, Kai, et al. "Systematic mapping studies in software engineering." *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE)* 12. 2008.
26. Rainer, Austen, and Tracy Hall. "An analysis of some 'core studies' of software process improvement." *Software Process: Improvement and Practice* 6.4 (2001): 169-187.
27. Unterkalmsteiner, Michael, et al. "Evaluation and measurement of software process improvement—a systematic literature review." *IEEE Transactions on Software Engineering* 38.2 (2011): 398-424.
28. Wieringa, Roel, et al. "Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion." *Requirements engineering* 11.1 (2006): 102-107.
29. Kuhrmann, Marco, et al. "How does software process improvement address global software engineering?." *2016 IEEE 11th International Conference on Global Software Engineering (ICGSE)*. IEEE, 2016.
30. Shaw, Mary. "Writing good software engineering research papers." *25th International Conference on Software Engineering*, 2003. *Proceedings*. IEEE, 2003.
31. Horvat, Romana Vajde, Ivan Rozman, and József Györkös. "Managing the complexity of SPI in small companies." *Software Process: Improvement and Practice* 5.1 (2000): 45-54.
32. Schweigert, Tomas, et al. "Agile maturity model: a synopsis as a first step to synthesis." *European Conference on Software Process Improvement*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.
33. VersionOne, C. "State of agile survey." Last accessed 16 (2019). Available at <http://www.versionone.com/agile-resources/more-resources/blogs/>



34. Theocharis, Georgios, et al. "Is water-scrum-fall reality? on the use of agile and traditional development practices." International Conference on Product-Focused Software Process Improvement. Springer, Cham, 2015.

35. West, Dave, et al. "Water-scrum-fall is the reality of agile for most organizations today." Forrester Research 26.2011 (2011): 1-17.

36. Diebold, Philipp, et al. "What do practitioners vary in using SCRUM?." International Conference on Agile Software Development. Springer, Cham, 2015.

37. Staples, Mark, and Mahmood Niazi. "Systematic review of organizational motivations for adopting CMM-based SPI." Information and software technology 50.7-8 (2008): 605-620.

38. Raninen, Anu, et al. "LAPPI: A light-weight technique to practical process modeling and improvement target identification." Journal of Software: Evolution and Process 25.9 (2013): 915-933.

39. Laporte, Claude Y., and Rory V. O'Connor. "Systems and software engineering standards for very small entities: implementation and initial results." 2014 9th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology. IEEE, 2014.

40. Vijayasathy, Leo R., and Charles W. Butler. "Choice of software development methodologies: Do organizational, project, and team characteristics matter?." IEEE software 33.5 (2015): 86-94.

41. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу" // Офіційний вісник України – 2014. – № 41.– С. 95-132.

42. Крушельницька Я. В. К 84 Фізіологія і психологія праці: Підручник. – К.: КНЕУ, 2003. – 367 с.

43. Батлук В.А., Гогіташвілі Г.Г. та ін. Охорона праці в галузі телекомунікацій. – Львів: Афіша, 2003. – 320с.

44. Методичні рекомендації для проведення атестації робочих місць за умовами праці. Затверджено міністром праці України 1.09.1992 р, постанова № 41.

# ДОДАТКИ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ**

**VIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**9–10 грудня 2020 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2020**

<b>Н. Захарків, А. Леськів</b> ЗАДАЧІ НЕПЕРЕРВНИХ ПРОЦЕСІВ ІНТЕГРАЦІЇ ТА РОЗГОРТАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
<b>N. Zakharkiv, A. Leskiv</b> PROBLEMS OF CONTINUOUS INTEGRATION AND DEPLOYMENT IN SOFTWARE DEVELOPMENT	144
<b>К. Івашко</b> РОЗРОБКА МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОБОТИ З МАСИВАМИ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PHP	
<b>K. Ivashko student</b> DEVELOPMENT OF METHODS FOR AUTOMATED WORK WITH DATA ARRAYS USING THE PROGRAMMING LANGUAGE PHP	145
<b>Я. Кіна, І. Бойко, С. Маловічко, Б. Водяний</b> ПРОГРАМНІ СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ МУЗИЧНОГО КОНТЕНТУ	
<b>I. Kinakh, I. Boyko, S. Malovichko, B. Vodyanyj</b> SOFTWARE SYSTEMS FOR MUSIC CONTENT GENERATIO	146
<b>Ю. Купресєв, О. Пастух</b> РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ ВЕБ-ВЕРСІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	
<b>Yu. Kupreyev, O. Pastukh</b> DEVELOPMENT A MOBILE WEB VERSIO FOR THE SYSTEM OF REMOTE TRAINING	147
<b>В. Казмірчук, Г. Цуприк</b> РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ДАНИХ	
<b>V. Kazmirchuk, H. Tsupryk</b> DEVELOPMENT OF AUTOMATED INFORMATION DATA PROCESSING SYSTEMS	148
<b>В. Козачок</b> ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ У РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ ПРОГНОЗУВАННЯ	
<b>V. Kozachok</b> THE USE OF DEEP MACHINE LEARNING IN SOLVING FORECASTING PROBLEMS	149
<b>І. Бойко, В. Куніц</b> АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ УПРАВЛІННЯ МЕТРИКАМИ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ТЕХНОЛОГІЙ FRONT END РОЗРОБКИ	
<b>I. Boiko, V. Kunits</b> THE ALGORITHM OF SOFTWARE OF METRICS MANAGEMENT IN EVALUATING FRONT END DEVELOPMENT	150
<b>Н. Кушнір, Г. Сапожник</b> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ	
<b>N. Kushnir, H. Sapozhnyk</b> AUTOMATED LOW POWER SOLAR POWER CONTROL SYSTEM	151
<b>Р. Левицький</b> ВПРОВАДЖЕННЯ BDD МЕТОДОЛОГІЇ В ІТ ПРОЕКТИ	
<b>R. Levytskyi</b> ADOPTING BDD METHODOLOGY IN IT PROJECT	153
<b>Н. Макар,</b> ІНСТРУМЕНТИ CRM-СИСТЕМИ	
<b>N. Makar</b> CRM SYSTEM TOOLS	154

УДК 004.42

**Н.М. Захарків, А.І. Леськів**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ЗАДАЧІ НЕПЕРЕРВНИХ ПРОЦЕСІВ ІНТЕГРАЦІЇ ТА РОЗГОРТАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

UDC 004.42

**N.M. Zakharkiv, A.I. Leskiv**

## **PROBLEMS OF CONTINUOUS INTEGRATION AND DEPLOYMENT IN SOFTWARE DEVELOPMENT**

Процеси неперервної інтеграції та розгортання в інженерії процесів розробки програмного забезпечення позначаються як CI/CD. При чому «CI» завжди означає «Неперервна інтеграція», яка фактично є автоматичним процесом в розробці програмного забезпечення (ПЗ). Успішне впровадження процесу CI означає негайне долучення нового програмного коду до спільного репозиторію, що керований системою контролю версій (СКВ). Таке рішення доречно використовувати, коли при розробці програмного продукту головна вітка репозиторію має багато відгалужень (бранчів), що спричиняє конфлікти при запису змін у репозиторій та з'єднанні віток коду.

«CD» у позначенні CI/CD має значення або неперервної доставки, або неперервного розгортання. Ці терміни взаємопов'язані та часто використовуються один замість іншого. Але різниця все ж є. Неперервна доставка як правило означає, що зміни, зроблені розробником, автоматично будуть пропущені через автотести та при успішному їх проходженні будуть завантажені у репозиторій (наприклад, GitHub, GitLab чи інша СКВ). Після цього ці зміни можуть бути розгорнуті на робоче середовище. Автоматизація цього процесу покликана вирішити задачу видимості виконаної роботи розробниками та комунікацію між ними та командою, що забезпечує бізнесову сторону проекту. Таким чином досягається мінімізація затрат людського ресурсу на розгортання нового коду.

Неперервне розгортання (інше значення «CD») означає автоматичну побудову нового програмного коду з репозиторію та, відповідно, оновлення версії робочого програмного додатка. В цьому випадку такий процес розвантажує команду, що відповідає за розгортання внесених змін.

Таким чином процес CI/CD можна зобразити, як показано на рис. 1.

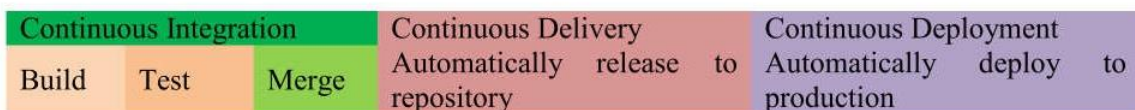


Рисунок 1. Послідовність (зліва направо) процесів CI/CD

Таким чином, не поглиблюючись в нюанси термінології, можна стверджувати, що CI/CD – це процес, який часто показують у вигляді конвеєра, та котрий на високому рівні автоматизує процес розробки ПЗ та дозволяє контролювати його. Типовим є поступове впровадження цих процесів у компаніях. Як правило, спочатку вводять процес CI для автоматизації добавлення нових змін у репозиторій. Потім виконується автоматизація процесів розгортання внесених змін. Типовим при цьому є використання хмарних сервісів.