

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИЧНИХ МАШИН І СИСТЕМ**

**САВЕЛЬСВ МАКСИМ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 004.94: 378.147

**МОДЕЛІ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ  
ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ  
БІЗНЕС-ІНКУБАТОРІВ ІТ-КОМПАНІЙ**

05.13. 06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті проблем математичних машин і систем Національної академії наук України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Литвинов Віталій Васильович**,  
Чернігівський національний технологічний  
університет Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри інформаційних технологій та  
програмної інженерії

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Кондратенко Юрій Пантелійович**,  
Чорноморський державний університет  
імені Петра Могили  
Міністерства освіти і науки України,  
професор кафедри  
інтелектуальних інформаційних систем

кандидат технічних наук  
**Артамонов Євген Борисович**,  
Національний авіаційний університет  
Міністерства освіти і науки України,  
докторант кафедри комп'ютеризованих систем  
управління

Захист відбудеться "14" червня 2017 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.204.01 в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України за адресою: 03187, м. Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 42.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту проблем математичних машин і систем НАН України за адресою: 03187, м. Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 42.

Автореферат розісланий "05" травня 2017 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

М.Г. Ієвлєв

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Початок ХХІ століття характеризується переходом розвинених країн від індустріального до постіндустріального або інформаційного суспільства, де основним виробничим ресурсом стають знання та інформація, а не енергія й матерія, як це було раніше. Саме знання та інформація дозволяють створювати надзвичайно складні й при цьому високоефективні технології, які забезпечують потреби людської цивілізації. Найважливішу роль у генерації нових знань відіграють університети, де інформаційні технології, що з'явилися у ХХ ст., забезпечили вибухове зростання людських знань у різних галузях науки, культури і техніки.

Рівень розвитку освіти, науки та інформаційних технологій є найважливішим показником в економіці передових промислово розвинених країн, і найважливішим вкладом у цей показник є рівень взаємодії університетів та ІТ-компаній. Дослідженням кооперації університетів з промисловістю приділяється значна увага у країнах Євросоюзу, США і країнах південно-східної Азії. В той же час в Україні, не зважаючи на ряд позитивних прикладів, на сьогодні взаємодія вузів і ІТ-компаній не носить глобального характеру і практично не має значимої підтримки від держави. За останні 5 років в Україні великий внесок у дослідження даної проблеми внесли колективи вчених під керівництвом професорів В.В. Литвинова (м. Київ – Чернігів), В.С. Харченка, В.В. Скляра (м. Харків), Ю.П. Кондратенка (м. Миколаїв), В.В. Казимира (м. Чернігів), Д.А. Маєвського (м. Одеса).

Останньою тенденцією країн, які здійснюють перехід від індустріального суспільства до інформаційного, стала організація на майданчиках університетів бізнес-центрів (інкубаторів), що виконують підтримку й опіку молодих компаній, які традиційно називаються «стартапами» і «спінофами» від англ. start-up – починати і spin-off – розкручувати. В першу чергу, це компанії, пов'язані з інформаційними технологіями, тобто програмним забезпеченням, обчислювальною технікою, проектуванням та виробництвом за допомогою комп'ютера, інтернетом, мобільними застосунками (додатками), а також різними телекомунікаційними сервісами та інформаційними послугами.

Слід зауважити, що співробітники таких новоутворених компаній при університетах комплектуються не лише за рахунок учених, але й студентів, що проходять підготовку в цих навчальних закладах. Тим самим відбувається трансформація у підготовці вже не просто майбутнього фахівця, а члена команди. Іншими словами, університет нового типу випускає вже не спеціаліста з набором певних компетенцій, а кластер фахівців, здатних до ефективного вирішення завдань відразу після університетської лави.

У свою чергу, бізнес-центри спеціалізуються на наданні послуг і сервісів, які можуть бути не пов'язані безпосередньо з діяльністю компаній, але більше пов'язані із забезпеченням функціонування їх (компаній) як ефективною бізнес-структурою. На усіх цих стадіях перед опікунською радою бізнес-центру стоїть задача з ухвалення рішень щодо підтримки утворення і формування таких компаній на

основі представлених бізнес-ідей, переходу їх із станів стартап у спіноф, а також щодо припинення підтримки як з причини незадовільної діяльності, так і за фактом випуску компанії в самостійний бізнес. Такі рішення досить складні і вимагають пошуку як методологій, так і інструментальних засобів оцінювання якості роботи компаній і виконуваних ними проектів.

Таким чином, актуальність цієї роботи обумовлена необхідністю:

- пошуку й розробки ефективних моделей та методів залучення університетів в економічну діяльність і кооперацію з промисловістю;
- пошуку й розробки ефективних моделей і методів оцінки проектів, що виконуються силами університетських команд;
- створення інструментів з підтримки взаємодії зацікавлених осіб і організацій (стейкхолдерів) в інноваційних проектах в області інформаційних технологій;
- пошуку вирішення проблеми невідповідності якості випускників університетів ІТ-спеціальностей вимогам національної економіки;
- вдосконалення навчально-виховного процесу у вищих навчальних закладах.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Вибраний напрям досліджень виконувався у рамках пріоритетних напрямів розвитку науки й техніки і тісно пов'язаний із законами України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» і «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Дисертаційне дослідження виконано відповідно до планів науково-дослідних робіт Інституту проблем математичних машин і систем НАН України, кафедри комп'ютерних наук Славутицької філії Національного технічного університету України «КПІ» ім. І. Сікорського і кафедри програмної інженерії Чернігівського національного технологічного університету, міжнародного проекту TEMPUS CABRIOLET «Model-Oriented Approach And Intelligent Knowledge-Based System for Evolvable Academia-Industry Cooperation in Electronic and Computer Engineering» (544497-TEMPUS-1-2013-1-UK-TEMPUS-JPHES), 2013–2017 рр.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності зв'язку університетів і економіки за рахунок автоматизації управління технологічними процесами університетських бізнес-центрів щодо «вирощування» ІТ-стартап-компаній.

Для досягнення мети дослідження в роботі було поставлено і розв'язано такі задачі:

1. Виконати огляд проблем і завдань взаємодії університетів і бізнесу в області інформаційних технологій. Показати стан розвитку кооперації університетів і бізнесу в Україні у порівнянні з країнами з розвиненими економіками. Проаналізувати існуючі моделі та сценарії взаємодії бізнесу і університетів, показати в них місце університетських бізнес-центрів підтримки ІТ-компаній.

2. Виконати дослідження ІТ-стартапу, що формується в академічному середовищі. Розробити модель його життєвого циклу в університетському бізнес-інкубаторі, а також модель його управління, яка забезпечує трансформацію ІТ-стартапу в самостійну компанію.

3. Провести аналіз існуючих методів відбору ІТ-проектів університетськими

бізнес-центрами. Запропонувати концептуальну модель побудови інструментального засобу відбору проектів і команд університетським бізнес-центром для подальшої підтримки і розробити прототип такого інструментального засобу.

4. Виконати дослідження видів ІТ-проектів і життєвих циклів створення ІТ-продуктів. Розробити формальний метод вибору життєвого циклу створення ІТ-продуктів. Розробити нову модель життєвого циклу і методи розробки ІТ-проектів, орієнтованих на використання ІТ-стартапами – командами, які мають низьку організаційну зрілість.

5. Формалізувати моделі життєвих циклів створення ІТ-продуктів з метою побудови інструменту щодо прогнозування термінів роботи ІТ-стартапу над його проектом. Запропонувати і математично обґрунтувати модель такого інструменту. Розробити такий інструмент.

6. На основі моделі оцінки організаційної зрілості CMMI-DEV розробити новий метод отримання оцінки такої зрілості для сформованої в університетському середовищі ІТ-компанії на базі теорії нечітких множин. На основі отриманого методу розробити інструментальний засіб оцінки зрілості ІТ-стартапу з метою прийняття управлінських рішень щодо його підтримки з боку університетського бізнес-центру.

7. Розробити веб-портал університетського бізнес-центру як інструмент техноінформаційного середовища, в якому університетські команди, студенти, викладачі, а також члени наглядової (експертної) ради такого бізнес-центру могли б взаємодіяти між собою і який би став основою для розгортання вищеназваних інструментів підтримки університетських бізнес-інкубаторів ІТ-компаній.

*Об'єктом дослідження* є новоутворені компанії в області інформаційних технологій, що виділилися з академічного середовища, та їх проекти, реалізовані у рамках взаємодії університетів і бізнесу.

*Предметом дослідження* є методи та інструменти оцінки проектів в області інформаційних технологій, які виконуються університетськими командами і новоутвореними компаніями, що опікуються бізнес-центрами при університетах.

**Методи дослідження.** Основними методами дослідження в цій роботі є дотримання загальнонаукових методологій і принципів системного підходу. Згідно з цими принципами розроблена класифікація моделей життєвих циклів створення ІТ-продуктів, тоді як самі життєві цикли детально описані у вигляді моделей, представлених за допомогою апарату мереж Петрі. Методи функціонального, сутнісно-структурного і об'єктно-орієнтованого аналізу, як і графічні нотації функціональних діаграм IDEF0, що відповідають їм, діаграм сутність-зв'язок ER і універсальної мови моделювання UML використані для опису моделей і подальшої побудови прикладного інструментарію у вигляді програмного забезпечення. Таким чином, дисертаційна робота припускає використання як теоретичного, так і емпіричного методу дослідження. Теоретичною основою роботи є наукові роботи провідних вітчизняних і зарубіжних учених в області академічного підприємництва, програмної інженерії, імітаційного моделювання, проектування систем.

## **Наукова новизна одержаних результатів**

### *Вперше:*

- Запропоновано модель управління ІТ-стартапом в університетському бізнес-центрі, яка полягає у синтезі моделі стартапу Бовмана та ін. з моделлю організаційної зрілості СММІ і, на відміну від існуючих, реалізує управління ІТ-стартапом з боку бізнес-центру шляхом оцінки його зрілості, що дозволяє ефективно формувати у членів команди необхідні навички промислової розробки ІТ-продуктів.

- Запропоновано новий різновид моделі життєвого циклу (ЖЦ) створення ІТ-продукту, яка полягає в синтезі сучасних «швидких» методів створення автоматизованих систем з формальними вимогами ДСТУ 34, і, на відміну від існуючих, враховує інженерну практику на пострадянському просторі, що дозволяє усунути протиріччя між традиційними методами управління проектами та ітеративними способами розробки. Для ІТ-стартапів забезпечено освоєння організаційних процесів, які забезпечують якість кінцевого продукту.

- Виконано формальне моделювання сучасних ЖЦ створення ІТ-продуктів, яке полягає в описі моделей ЖЦ за допомогою формалізму мереж Петрі, що відрізняється від існуючих формальним поданням, яке дозволяє використовувати отриманий результат для розв'язання задачі оцінки термінів виконання ІТ-проекту.

### *Удосконалено:*

- Класифікацію моделей ЖЦ розробки ІТ-продуктів шляхом обліку нових моделей і методологій, а також використання як класифікаційного критерію послідовності виконання фаз і дій ЖЦ, що дозволяє систематизувати знання про існуючі способи створення ІТ-продуктів.

- Методи відбору університетських ІТ-проектів шляхом використання методу аналізу ієрархій Сааті, для якого запропоновано ієрархію факторів відбору проектів з урахуванням інтересів університетського бізнес-центру і його основних стейкхолдерів, що дозволяє автоматизувати рішення задачі відбору проектів.

- Методи оцінки зрілості ІТ-стартапів, створених у рамках співпраці академічних організацій, університетів і промисловості, шляхом використання формалізму нечітких множин, що дозволяє не тільки автоматизувати отримання таких оцінок, а й оперативно забезпечити ІТ-стартапи інформацією про відсутні організаційні компетенції.

### *Знайшли подальший розвиток:*

- Підходи до взаємодії університетів і суб'єктів економічної діяльності через академічне підприємництво, що відкриває додаткові можливості для університетів у частині економічної самостійності, обміну знань з промисловістю, у появі нових способів підготовки студентів шляхом залучення їх у проектну діяльність.

- Інформаційні технології проектного управління, що використовують імітаційне моделювання для оцінки термінів виконання проектів за рахунок побудови агентних імітаційних моделей реалізації проектів, які враховують рівень професійної підготовки члена проектною команди, що дозволяє застосувати такі технології для оцінки термінів ІТ-проектів, які виконуються силами молодих команд і ІТ-компаній, сформованих в університетському середовищі і які не володіють достатньою зрілістю для управління власними проектами.

- Методи застосування інформаційних інтернет-технологій для підтримки університетських бізнес-центрів за рахунок введення до їх складу інструментальних засобів оцінки опікуваних ІТ-компаній, що дозволяє об'єднати різні інструменти у комплекс програмно-інструментальних засобів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані наукові результати дали можливість сформуванню набір інструментальних засобів інформаційної технології підтримки ІТ-підприємництва в університетському середовищі, що є новою тенденцією серед університетів розвинених країн світу. Така технологія спрямована на підтримку інноваційних ініціатив студентів і науково-викладацьких кадрів університетів і забезпечує подолання існуючого розриву між рівнем підготовки випускників ВНЗ і вимогами сучасної промисловості.

Розроблені моделі, методи і програмно-методичне забезпечення доведені до практичного застосування при реалізації:

- розвитку Славутицької філії НТУУ «КПІ»;
- проекту створення науково-технологічного кластера з проблем виведення з експлуатації АЕС і поводження з РАО;
- формування комплексу пропозицій зі створення регіонального бізнес-центру щодо «вирощування» ІТ-компаній при Чернігівському національному технологічному університеті.

Запропонована модель життєвого циклу створення ІТ-продукту знайшла застосування при реалізації проектів на Чорнобильській АЕС в умовах інтеграції України в світову економіку. Також модель може бути ефективно використана університетськими бізнес-інкубаторами для управління ІТ-стартапами, що не мають достатньої організаційної зрілості.

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати, які виносяться на захист, отримані здобувачем особисто й опубліковані в одноосібно підготовлених працях [7, 9–12, 15]. У роботах, написаних у співавторстві, автору належить: моделювання мережами Петрі моделей прототипування і Scrum життєвих циклів створення ІТ-продуктів, моделювання мережею Петрі стратегій призначення виконавців на окремі роботи [1, 4]; питання, пов'язані з аналізом складнощів використання університетських команд у складних ІТ-проектах [6]; деякі ідеї моделі оцінки ІТ-компанії через побудову профілю компетенцій [3]; модель ієрархії класів ролей персоналу в ІТ-проекті [1, 2]; синтетична модель життєвого циклу створення ІТ-продукту на основі об'єднання ідей ітеративного проектування і методології створення автоматизованих систем ДСТУ 34 [2, 9]; застосування агентних імітаційних моделей для оцінки термінів виконання ІТ-проекту [4, 13]; деякі результати аналізу сучасного стану ІТ-індустрії та університетів в Україні [1, 5, 14]; деякі ідеї створення науково-освітнього центру з проблем зняття з експлуатації АЕС та поводження з ВЯП і РАВ та місця в ньому інформаційних технологій [5, 14]; місце систем автоматизованого навчання в інструментальних засобах підтримки студентських ІТ-стартапів [8]; моделі ІТ-стартапу і його управління [16]; моделі і інструментальні засоби оцінки зрілості ІТ-стартапу засобами апарату нечітких множин [1, 16]; приклади досвіду проектного навчання ІТ-фахівців у співпраці з суб'єктами економічної діяльності [6, 11].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати цієї роботи були апробовані і доповідалися на таких конференціях: X міжнародній конференції «Управління проектами у розвитку суспільства» (м. Київ, 2013 р.); Восьмій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС2013», (м. Чернігів – смт Жукин, 2013 р.); IX-th International Conference Modern (e-) Learning, (Kyiv – Sofia, 2014); Десятій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2015», (м. Чернігів, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції «Інформаційні технології: теорія, інновації, практика», (м. Полтава, 2015 р.); Першій міжнародній конференції «Проблеми виведенні з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення оточуючого середовища» INUDECO2016, (м. Славутич, 2016 р.); Одинадцятій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2016», (смт Жукин, 2016 р.).

**Публікації.** Основні результати дослідження опубліковано у 16 наукових працях [1 – 16], серед яких 8 статей у наукових журналах та у збірнику наукових праць, 7 праць у збірниках матеріалів конференцій, розділ 3 в 1 колективній монографії. З них 6 друкованих робіт [7, 9–12, 15] є одноосібними.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 150 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 190 сторінок, у тому числі 150 сторінки основного тексту, 32 рисунків, 6 таблиць.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, наукову новизну одержаних результатів, представлено публікації автора.

У **першому розділі** описано проблему і завдання взаємодії університетів з суб'єктами економічної діяльності у проектах, пов'язаних з інформаційними технологіями, виконано аналіз сучасного стану ІТ-індустрії в Україні, а також вищих навчальних закладів України в частині підготовки ІТ-спеціалістів, наведено ряд статистичних показників. У систематизованому вигляді стан проблеми підготовки ІТ-кадрів в Україні представлено на рис. 1.

Відзначається, що вищі навчальні заклади України щорічно випускають близько 15,5 тис. фахівців у сфері інформаційних технологій, але тільки 4–5 тис. з них відразу ж працевлаштовуються за фахом, тобто якісно відповідають вимогам ринку. При цьому український ринок праці щорічно втрачає порівняну кількість висококласних ІТ-фахівців у зв'язку з еміграцією в інші країни. На тлі падіння валового внутрішнього продукту (ВВП) і внутрішнього промислового ринку це призводить до того, що в Україні не розвивається ринок власних ІТ-продуктів, а ІТ-експорт представлений аутсорсингом. Проводячи паралелі з традиційною



економікою, ІТ-експорт України представлений не кінцевим продуктом з високим ступенем переробки і доданою вартістю, а «сировиною» або «напівфабрикатом».



Рисунок 1 – Стан проблеми підготовки ІТ-кадрів

Для вирішення зазначеної проблеми у роботі пропонується така структура практичної методології підготовки ІТ-фахівців через групову проектну діяльність, що викладена на рис. 2.



Рисунок 2 – Структура методології підготовки ІТ-фахівців через групову проектну діяльність

Дана методологія розкриває рішення проблеми невідповідності якості випускників університетів ІТ-спеціальностей вимогам ринку в рамках концепції підготовки майбутніх фахівців через залучення їх у групову проектну діяльність. Ця концепція може бути реалізована через принципи залучення студентів у проекти у рамках різних моделей кооперації університетів і бізнесу, внутрішні університетські проекти, шляхом зміни навчальних програм у сторону крос-дисциплінарних курсів, створення умов для групових курсових і дипломних проектів, а також через принципи академічного підприємництва – створення в університетському середовищі ІТ-стартап компаній.

Запропонований принцип академічного підприємництва вимагає свого розкриття через побудову моделей безпосередньо ІТ-стартапу, його екосистеми як середовища, в якому він утворюється і існує, університетського бізнес-центру (інкубатора), системи управління стартапом з метою досягнення нею рівня розвитку спіноф-компанії і далі самостійного бізнесу. Виникає необхідність у формуванні моделей життєвого циклу створення ІТ-продукту, ефективних для малих компаній, які не мають досвіду промислового виробництва. Такі моделі мають прикладне значення для створення на їх основі практичних інструментів підтримки академічного ІТ-підприємництва в університетському бізнес-центрі. Серед них слід виділити інструменти відбору ІТ-проектів і команд, оцінки термінів створення ІТ-продукту з урахуванням відомого рівня підготовки членів команди, а також інструмент оцінки зрілості ІТ-компанії, за допомогою якого можна буде оцінювати рівень освоєння командою промислових технологічних процесів створення ІТ-продукту.

**Другий розділ** описує моделі життєвих циклів ІТ-компаній, проектів і продуктів, що формуються в академічному середовищі. Наводяться модель та життєвий цикл малого ІТ-підприємства, що виділилося з академічного середовища. Відзначається, що шлях компанії від колективу однодумців у самостійний бізнес супроводжується зростанням «зрілості компанії» в термінології моделі СММІ, де під «зрілістю» розуміють відношення рівня формалізації процесів і застосовуваного практичного знання (практик) до формально певних кроків та керованих результуючих метрик з метою досягнення оптимізації процесів у компанії. В загальній формі це можна представити у вигляді рис. 3.

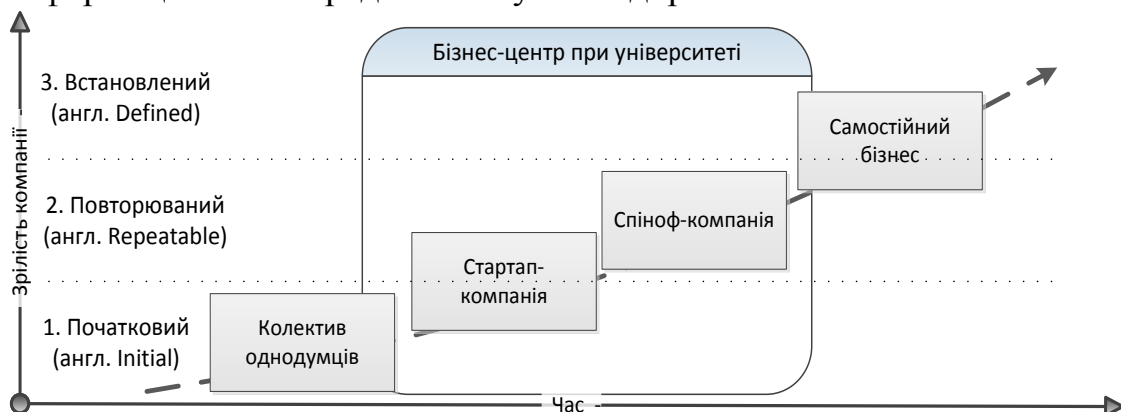


Рисунок 3 – Життєвий цикл новостворюваної компанії при університеті

Таким чином, пропонується впливати на «вирощувану» ІТ-компанію шляхом

підвищення її рівня зрілості, а також компетенцій її співробітників, пов'язаних з розробкою продукту, освоєнням технологій, управлінням організацією та фінансами.

На основі синтезу моделі стартапу Бовмана та ін., а також моделі зрілості СММІ, пропонується концептуальна модель університетського ІТ-стартапу і контуру його управління з боку університетського бізнес-центру. Показано, що для вироблення керуючого впливу університетському бізнес-центру буде потрібен набір інструментів оцінювання стартапу і його проекту, структурна схема якого представлена на рис. 4.

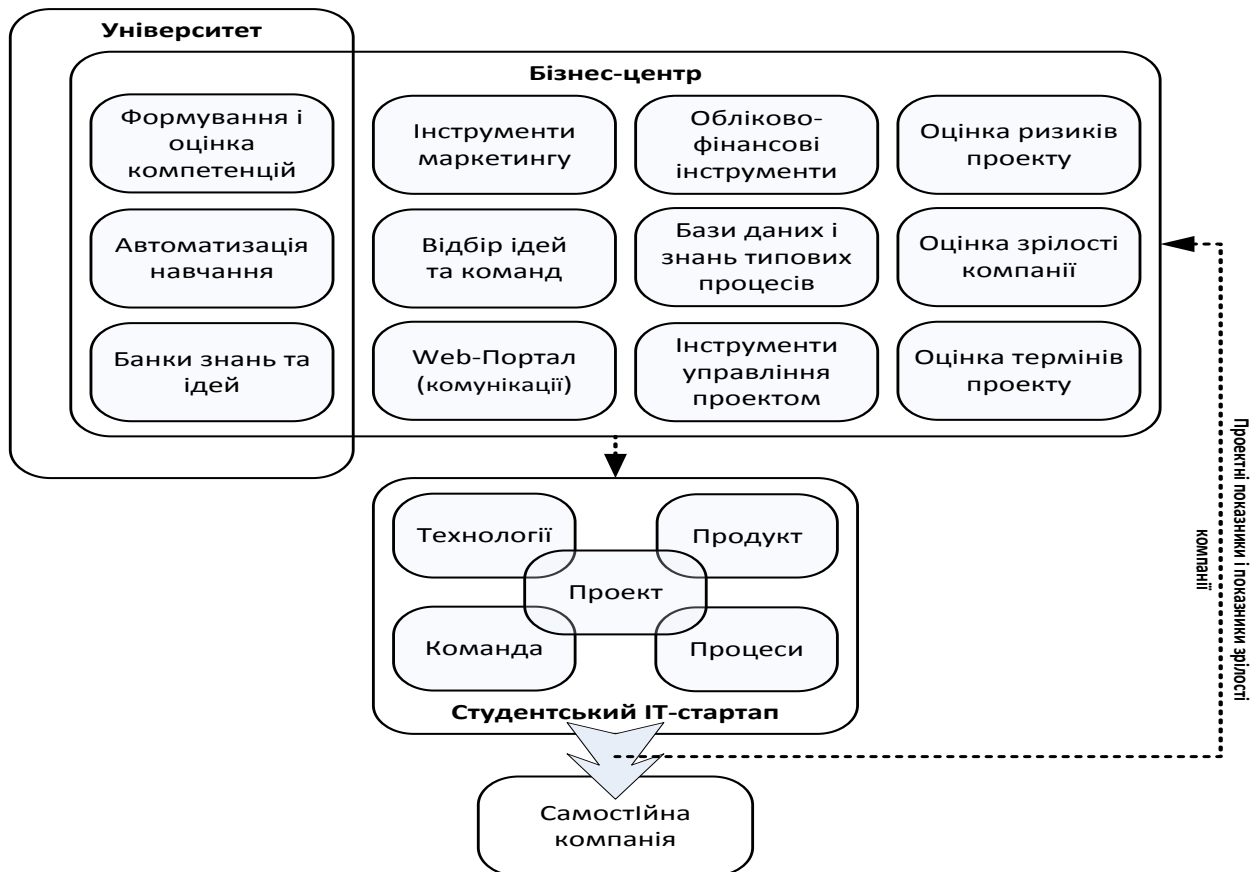


Рисунок 4 – Структура інструментальних засобів університетського бізнес-центру

У розділі описуються види та особливості ІТ-проектів, основні моделі життєвих циклів створення ІТ-продукту та їх класифікація. Показано, що проекти в області ІТ мають свої особливості, які визначаються тим, що інформаційні технології є продуктом інтелектуальної діяльності людей, і вони в першу чергу залежать від суб'єктивних якостей команди проекту. У роботі наводиться класифікація моделей життєвого циклу (ЖЦ) розробки ІТ-продукту. Дана класифікація представляє собою схему, яка пояснює, як саме будуть виконуватися дії по розробці ІТ-продукту, його експлуатації та супроводу. Виділяється проблема вибору ЖЦ для створеного ІТ-стартапу, персонал якого ще не має достатнього досвіду і знань.

У роботі описується новий різновид моделі ЖЦ створення ІТ-продукту, яка полягає у синтезі сучасних «швидких» методів створення автоматизованих систем з

формальними вимогами ДСТУ 34. Ця модель, на відміну від існуючих, враховує інженерну практику на пострадянському просторі, що дозволяє усунути протиріччя між традиційними методами управління проектами та ітеративними способами розробки ІТ-продуктів і сервісів. В рамках застосування даної моделі у студентських ІТ-стартапах дана модель дозволяє поєднати ітеративну розробку, властиву молодим незрілим колективам, і освоєння організаційних процесів, які забезпечують якість кінцевого продукту. Графічне представлення моделі наведено на рис. 5.



Рисунок 5 – Запропонована модель життєвого циклу

В основу моделі покладено два паралельні процеси: розробку проектно-технічної документації та ітеративну розробку програмно-технічних рішень. Паралельно з розробкою документації відбувається випуск п'яти версій продукту, а саме: двох прототипів, альфа-версії, реліз-кандидата і фінального рішення. Кожна версія не тільки синхронізована з випуском документації, а й розгортається на майданчику замовника і розглядається їм паралельно з наданою документацією. Цим досягається зниження ризиків, пов'язаних з невірною інтерпретацією вимог замовника – головною причиною невдачі більшості ІТ-проектів. Крім того, даний підхід дозволяє управляти зміною вимог у ході проекту.

У роботі окремо виділяється роль замовника у створенні продукту, описується методологія її застосування, включаючи створення і використання віртуальних технологій, імітаційних моделей предметної області і безпосередньо створеної системи.

**Третій розділ** включає в себе моделі і методи технології підтримки університетських ІТ-проектів, команд і стартапів. Розділ починається з короткого огляду основних моделей і методів відбору проектів, які застосовуються в західних університетах. Відзначається, що у практичній діяльності знаходять застосування досить прості методи відбору, наприклад шляхом ранжування критеріїв відбору та розрахунку числового значення ваги за кожним з критеріїв порівняння для кожної альтернативи.

У роботі пропонується здійснювати відбір перспективних проектів і команд методом аналізу ієрархій Сааті, суть якого зводиться до підтримки прийняття

рішень за допомогою ієрархічної композиції завдання і рейтингування альтернативних рішень. Наводяться формальний опис ієрархії, методу розрахунку ваги окремих критеріїв (альтернатив) на основі методу парних порівнянь, перевірка моделі на узгодженість і отримання кінцевого рішення.

Виділяються основні стейкхолдери університетського бізнес-центру і визначаються їхні цілі. Далі розглядається ієрархія факторів, що впливають на вибір проекту, який буде підтриманий з боку університетського бізнес-центру. Дана ієрархія будується на основі опитування ряду вчених, викладачів, студентів і представників регіонального фінансового та промислового бізнесу Чернігівської області та Славутицького регіону.

У проектному управлінні класичним підходом до моделювання проектів є метод PERT – техніка оцінки та аналізу програм (проектів), де таке моделювання виконується за допомогою графів взаємозв'язків робіт (стрілки) і подій (вузли). У роботі відзначається, що моделі проекту, побудовані класичним методом PERT, тяжіють за формою до каскадного життєвого циклу розробки, який не відображає ітеративну природу розробки інформаційних технологій. Крім того, подібне моделювання проекту вимагає досвіду, який, як правило, відсутній у студентських стартапах.

У дисертаційній роботі пропонується і обґрунтовується рішення даної проблеми через агентне імітаційне моделювання процесу розробки продукту (послуги), засноване на обраній проектною командою моделі життєвого циклу розробки продукту. З цією метою у розділі проводиться моделювання мережами Петрі основних ЖЦ створення ІТ-продуктів, що використовуються більшістю сучасних малих і середніх ІТ-підприємств та розглядається наступна проблема.

Визначимо  $A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_n\}$  як безліч робіт, необхідних для завершення фази життєвого циклу розробки продукту. Між деякими парами робіт існує обмеження проходження  $a_i \rightarrow a_j$ . Це означає, що роботу  $a_j$  неможливо почати раніше роботи  $a_i$ . Таке обмеження можна задати за допомогою орієнтованого графа  $G = (V, D)$ , де кожній вершині з множини  $V = \{1, \dots, n\}$  буде відповідати одна робота з множини  $A$ , а множина дуг  $D = \{(i, j) \mid i, j \in V; i \rightarrow j\}$  відповідає обмеженню проходження. Слід зазначити, що такий граф  $G$  має бути ациклічним.

Нехай  $C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_s\}$  – безліч співробітників компанії, де  $c_k$  – конкретний співробітник, який здатний виконати роботу  $a_i$  за час  $t_{ik} > 0$ , званої тривалістю виконання роботи. В одиничний момент часу один співробітник може виконувати одну роботу, переривання робіт не допускається. Очевидно, що такі тривалості виконання робіт вищеназваними співробітниками утворюють множину  $T$  – суть декартів добуток множин  $A$  і  $C$ ,  $T = A \times C = \{(a, c) \mid a \in A, c \in C\}$ .

Тоді виникає завдання оптимальної розстановки наявних співробітників по роботах так, щоб загальний час виконання всіх робіт з множини  $A$  був мінімальним і не порушувалося відношення слідування.

Згідно з А.А. Лазарєвим і Е.Р. Гафаровим, ця задача відноситься до задачі комбінаторної оптимізації. Слід зазначити, що в такій постановці задача відрізняється від відомої задачі «про призначення», де вимагається мінімізувати час,

витрачений на виконання усіх завдань, і яка має поліноміальну складність.

Очевидно, що загальна кількість усілякого розподілу співробітників по роботах складає  $m^n$ , де  $n$  – кількість робіт,  $m$  – кількість співробітників. Тобто нерозумно розв'язувати задачу простим перебором. У той же час для деяких випадків розв'язання очевидне. Отже, розглянемо два крайні випадки:

1. Існуючі обмеження слідування пропонують виконувати усі роботи послідовно від  $a_1$  до  $a_n$ .

2. Відсутні обмеження слідування, тобто усі роботи від  $a_1$  до  $a_n$  можуть виконуватися паралельно.

Неважко показати, що при розбитті потоку завдань на частини усі інші варіанти зводяться до цих двох крайніх випадків, де деякий набір робіт  $a_i..a_j$  послідовний або паралельний.

Зважаючи на той факт, що одна робота може виконуватися тільки одним співробітником, введемо функцію  $f(i, k) = 1$ , якщо робота  $a_i$  виконується співробітником  $c_k$ , і  $f(i, k) = 0$  в усіх протилежних випадках.

Тоді у разі існування обмеження на послідовне виконання робіт розв'язання задачі про розподіл персоналу зводиться до пошуку такої функції  $f(i, k)$ , коли  $\forall i \in [1, n] \exists k \in [1, s] | f(i, k) = 1$ , вираз (1) буде мінімальним.

$$T_{\min} = \sum_{k=1}^s \sum_{i=1}^n t_{ik} f(i, k) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Для того, щоб знайти дану функцію, будемо міркувати так. Розкладаємо вираз (1) на 2 доданки:

$$\sum_{k=1}^s \sum_{i=1}^{n-1} t_{ik} f(i, k) + \sum_{k=1}^s t_{nk} f(n, k). \quad (2)$$

Оскільки  $\forall i \in [1, n], k \in [1, s] | t_{ik} f(i, k) > 0$ , формула (2) буде мінімальна, якщо обидва доданки мінімальні. При цьому мінімум другого доданка досягається в тому випадку, якщо знайдено таке  $k$ , при якому значення  $t_{nk}$  мінімальне і  $f(n, k) = 1$ . Іншими словами, знайдено співробітника з індексом  $k$ , який виконає останню роботу  $a_n$  за найменший час. Продовживши так міркувати для першого доданка, отримуємо, що для пошуку всіх значень  $k$ , де функція  $f(i, k) = 1$ , необхідно знайти  $\min(t_{ik})$  для кожної роботи  $a_i$ .

У разі відсутності обмеження проходження, що дає можливість виконувати роботи паралельно, завдання зводиться до пошуку такої функції  $f(i, k)$ , коли значення виразу (3) буде мінімальним.

$$T_{\min} = \max_{1 \leq k \leq s} \left( \sum_{i=1}^n t_{ik} f(i, k) \right) \rightarrow \min. \quad (3)$$

Графічно це можна проілюструвати таким чином (таблиця 1).

Таблиця 1 – Матриця призначень співробітників на роботи

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
$c_1$		+		+	+			
$c_2$	+						+	+
$c_3$			+			+		

Уявімо множину  $T$  у вигляді матриці, де рядки будуть співробітниками, а стовпці – роботами. Тоді значеннями осередку  $t_{ik}$  буде час, який витрачається співробітником для виконання роботи  $i$ . Відзначимо осередки в таблиці, де функція  $f(i, k) = 1$ . Тоді сума таких зазначених осередків буде мінімальною по тривалості виконання всіх робіт для строго послідовного обмеження проходження, а максимум сум по рядках – мінімальним за тривалістю виконання всіх робіт при повній відсутності обмеження проходження.

Покажемо, що при відсутності обмеження проходження, що дає можливість виконувати роботи паралельно, дана задача відноситься до класу NP.

Дійсно, розглянемо задачу для двох виконавців, обидва з яких однаково компетентні. Мінімальний час виконання всіх робіт, при можливості діяти двом виконавцям паралельно, буде досягнуто тоді, коли роботи між ними можна розділити порівну, тобто  $\forall i f(i, 1) = f(i, 2)$  і  $\sum_{i=1}^n t_{i1} f(i, 1) - \sum_{i=1}^n t_{i2} f(i, 2) \rightarrow 0$ , але при умові, що  $t_{i1} = t_{i2}$ . Це означає, що задача зводиться до класичної «задачі про ранці» (англ. knapsack problem), тобто відноситься до класу NP-повних задач.

Отриманий висновок робить обґрунтованим використання засобів імітаційного моделювання у вирішенні даного завдання. Опис реалізації такої імітаційної моделі представлено в розд. 4.

Для оцінки ІТ-компаній, створених у рамках академічного підприємництва, пропонується використовувати моделі і методи оцінки зрілості організацій-учасників проектів в області інформаційних технологій СММІ. При цьому наголошується, що СММІ концентрується на оцінюванні процесів організацій з розвиненим рівнем зрілості, якими не є компанії, створені в рамках академічного ІТ-підприємництва в університетському середовищі. Це робить недоцільним розгляд вищих рівнів моделі СММІ і застосування класичних методів оцінювання.

У роботі пропонується використовувати теорію нечітких множин для побудови інструменту оцінки зрілості ІТ-компаній, створених у рамках академічного підприємництва.

У моделі зрілості СММІ ключові практики групуються у спеціальні цілі, далі цілі групуються в області процесу СММІ. Таким чином, для визначення рівня зрілості доцільно використовувати ієрархічні системи нечіткого логічного висновку. Тоді зрілість ІТ-компанії буде визначатися співвідношенням (4)

$$M = f(f_1(P_1, P_2, \dots, P_7), f_2(P_8, P_9, \dots, P_{18})), \quad (4)$$

де  $M$  – зрілість компанії,  $f_1()$  і  $f_2()$  – функції виведення зрілості для 2 і 3 рівнів,  $P_1, P_2, \dots, P_{18}$  – засвоєння процесних областей у моделі СММІ-DEV.

У свою чергу, засвоєння кожної процесної області буде визначатися співвідношенням (5)

$$P_i = h_i(g_{i1}(p_{i11}, \dots, p_{i1l}), \dots, g_{in}(p_{in1}, \dots, p_{inm})), \quad (5)$$

де  $h_i()$  – функція нечіткого виведення освоєності процесної області з індексом  $i$ ,  $g_{ij}()$  – функція нечіткого виведення досягнення ІТ-компанії  $j$ -ої спеціальної мети для  $i$ -ої процесної області,  $p_{ijk}$  – освоєння ІТ-компанією  $k$ -ої спеціальної практики моделі СММІ-DEV, що входить в  $j$ -у спеціальну мету для  $i$ -ої процесної області.

Визначимо оцінки NI, PI, LI, FI як нечіткі числа, задані нечіткими множинами N, P, L, F на множині дійсних чисел R. Носіями множин N, P, L, F визначимо інтервали на множині R –  $[n_L, n_R]$ ,  $[p_L, p_R]$ ,  $[l_L, l_R]$ ,  $[f_L, f_R]$  відповідно. Для кожного числа NI, PI, LI, FI задамо на R функції приналежності  $\mu_i(x)$  такі, що  $\forall x \in R \mid \mu_i(x) \in [0,1]$ , де  $i \in \{N, P, L, F\}$  і

$$\mu_i(x) = \begin{cases} \text{left} \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{x-a1}{a2-a1} \\ 1 \end{pmatrix} & \begin{matrix} x < a1 \\ a1 \leq x < a2 - \text{функція лівого краю } \mu_{i\uparrow}(x) \\ a2 \leq x \leq a3 \end{matrix} \\ \text{right} \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{a4-x}{a4-a3} \\ 0 \end{pmatrix} & \begin{matrix} a3 < x \leq a4 - \text{функція правого краю } \mu_{i\downarrow}(x) \\ x > a4 \end{matrix} \end{cases} \quad (6)$$

Для таких нечітких чисел визначено поняття метрики відстані між двома числами. В роботі П. Гжегожевського показано, що найбільш підходящим буде розширення поняття евклідової відстані на множину нечітких чисел, що визначається таким виразом:

$$d^2(a,b) = \int_0^1 (A_L(a) - B_L(a))^2 da + \int_0^1 (A_U(a) - B_U(a))^2 da, \quad (7)$$

де нечітке число задано через поняття  $\alpha$ -перетину, такого, що  $\forall a \in (0,1) \exists a1 \leq x \leq a4$  і  $\mu_a(x) \geq a$ , і  $A_L(a) = \mu_{a\uparrow}^{inv}(x)$  – функція зворотна  $\mu_a(x)$  на інтервалі її зростання, а  $A_U(a) = \mu_{a\downarrow}^{inv}(x)$  – функція зворотна  $\mu_a(x)$  на інтервалі її убуття.

Для визначення досяжності ІТ-компанії спеціальної мети і областей процесу



СММІ розглянемо функцію  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus x_2 \oplus \dots \oplus x_n$ , де операція  $\oplus$  буде операцією додавання нечітких чисел згідно з формулою (8).

$$a \otimes b = \int_{a1 \otimes b1}^{a2 \otimes b2} \frac{\min(\mu_a(x), \mu_b(y))}{x \otimes y}, \quad (8)$$

де  $\otimes$  – операція  $+$ ,  $-$ ,  $*$ ,  $/$ . Досягнення спеціальної мети  $G_i$  освоєння процесів оцінюваної ІТ-компанії опишемо у вигляді лінгвістичної характеристики: повністю досягнута (FR); частково досягнута (PR); не досягнута (NR).

У загальному випадку будемо вважати, що спеціальна мета  $G_i$  досягнута (FR), якщо сума відповідей експертів на питання про ступінь впровадження в компанії ключових практик, визначених моделлю зрілості СММІ-DEV v1.3, вираженої у вигляді нечіткого числа, рівного  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus \dots \oplus x_n$ , «ближче» за П. Гжегожевським до нечіткого числа  $FI * n = FI_1 \oplus \dots \oplus FI_n$ .

Спеціальна мета  $G_i$  досягнута частково (PR), якщо  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus \dots \oplus x_n$  «ближче» до нечіткого числа  $Mean = (LI * n \oplus PI * n) / 2$ .

Спеціальна мета  $G_i$  не досягнута (NR), якщо  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus \dots \oplus x_n$  «ближче» до нечіткого числа  $NI * n = NI_1 \oplus \dots \oplus NI_n$ .

Освоєння області процесу виражається у вигляді суми оцінок  $G_i$  виду NR, PR, FR, отриманих на попередньому кроці для спеціальних цілей, що входять до конкретної області процесу СММІ. Освоєння областей процесу позначимо лінгвістичними змінними NF, FF і PF, що буде відповідати поняттям «область не освоєна», «освоєна частково» і «повністю освоєна». Вони будуть обчислюватися в загальному вигляді за такими правилами:

процесна область  $F_j = PF$ , якщо  $\sum_{i=1}^n G_i$  «ближче» до  $\sum_1^n NR$ ;

процесна область  $F_j = PF$ , якщо  $\sum_{i=1}^n G_i$  «ближче» до  $\sum_1^n PR$ ;

процесна область  $F_j = PF$ , якщо  $\sum_{i=1}^n G_i$  «ближче» до  $\sum_1^n FR$ .

Далі слід визначити освоєння ІТ-компанією рівнів зрілості. Для цього треба визначити функції  $f()$ ,  $f_1()$  і  $f_2()$  з виразу (4). Але якщо для функцій  $f_1()$  і  $f_2()$  можна застосувати аналогічні міркування, висловивши їх результат через суму освоєних процесних областей, то для функції  $f()$  такі міркування вже не підійдуть. У моделі СММІ вважається, що компанія досягає 3-го «повторюваного» рівня (R), якщо вона досягла 2-го «встановленого» рівня (D) і в більшості освоїла процесні області, специфічні для 3-го рівня зрілості. Якщо значення функцій  $f_1()$  і  $f_2()$  визначаються терм-безліччю  $\{NM, PM, FM\} = \{\text{«незрілий»}, \text{«частково зрілий»}, \text{«повністю зрілий»}\}$ , тоді можна сформулювати такий набір нечітких правил:

ЯКЩО  $(f_1(P_1, \dots, P_7) = NM)$ , ТОДІ  $M = I$ .

ЯКЩО  $(f_1(P_1, \dots, P_7) = PM)$ , ТОДІ  $M = D$ .

ЯКЩО  $(f_1(P_1, \dots, P_7) = FM)$ , ТОДІ  $M = D$ .

ЯКЩО  $(f_1(P_1, \dots, P_7) = PM) \text{ I } (f_2(P_8, \dots, P_{18}) = NM)$ , ТОДІ  $M = D$ .

ЯКЩО  $(f_1(P_1, \dots, P_7) = PM) \text{ I } (f_2(P_8, \dots, P_{18}) = PM)$ , ТОДІ  $M = R$ .

ЯКЩО  $(f_1(P_1, \dots, P_7) = FM) \text{ I } (f_2(P_8, \dots, P_{18}) = PM)$ , ТОДІ  $M = R$ .

ЯКЩО  $(f_1(P_1, \dots, P_7) = FM) \text{ I } (f_2(P_8, \dots, P_{18}) = FM)$ , ТОДІ  $M = R$ .

Отримані правила дозволяють побудувати програмний інструмент оцінки зрілості ІТ-компанії.

У четвертому розділі описані інструментальні засоби підтримки університетських бізнес-інкубаторів ІТ-компаній і досвід їх застосування.

Дане забезпечення включає опис веб-порталу як програмно-технічний інструмент підтримки академічного ІТ-підприємництва; інструмент відбору проектів на основі методу аналізу ієрархій; інструмент оцінки термінів досяжності цілей проектів на основі агентної імітаційної моделі, а також інструмент оцінки зрілості ІТ-компанії на базі математичного апарату нечіткої логіки.

Слід зазначити, що отримані лінгвістичні оцінки зрілості обома способами збігаються. Однак відсутність можливості по дефазифікації отриманого результату для стандартного способу не дозволяє відстежувати динаміку змін у зрілості компанії в рамках одного рівня оцінки, що робить запропонований у роботі метод оцінки зрілості більш привабливим щодо стандартного. Крім того, метод оцінки зрілості за допомогою нечіткого виведення зближив підсумкові результати для експертної оцінки і самооцінки компанії, у той час як фінальний результат, отриманий стандартним способом у рамках самооцінки компанії, виявився завищеним. Тому оцінка зрілості ІТ-стартапів повинна проводитися експертами університетського бізнес-центру.

У розділі висвітлюється досвід застосування запропонованої автором моделі ЖЦ реалізації ІТ-проекту на майданчику Чорнобильської АЕС. Показано, що на етапі планування, в порівнянні з класичною каскадною моделлю і ДСТУ 34, запропонована автором модель дозволила скоротити графік проекту на 30% і забезпечила реалізацію проекту в контрактні терміни, коли суміжні проекти, що виконуються за каскадною моделлю, перевищили плановані терміни завершення у 2 рази.

У розділі також описаний експеримент у Славутицькій філії (СФ) НТУУ «КПІ» щодо залучення студентів у ІТ-проекти в рамках взаємодії філії університету з місцевим бізнесом та органами влади. У такі проекти входили ініціативні студентські розробки (стартап-ідеї); проекти в інтересах СФ; проекти в кооперації з місцевим ІТ-бізнесом, промисловістю і органами муніципальної влади. Участь у таких проектах поєднувалася з виконанням курсових робіт з окремих предметів і дипломним проектуванням. У ході експерименту було реалізовано понад 10 проектів.

В експерименті брали участь студенти СФ випусків 2012 – 2015 рр. у кількості 73 чоловік. Контрольною групою були студенти СФ випусків 2006 – 2011 рр. у кількості 82 чоловік. За час експерименту студентами та випускниками організовано два стартап-проекти. Один «Zelenka», що об'єднав шістьох студентів і випускників СФ НТУУ «КПІ» і працює в області веб-технологій. Проект інвестується

національним підприємцем. Інший «DDpro» з європейськими інвестиціями, який об'єднав випускників СФ НТУУ «КПІ» та студентів ЧНТУ навколо проекту по створенню продукту для обробки паперових документів. Ще два студентських проекти мають потенціал розвитку в стартап-бізнесі. Результати експерименту представлені у вигляді діаграми (рис. 6) де значеннями в діаграмі є відсоток від загальної кількості випускників контрольної і експериментальної груп, які потрапили до кожної підгрупи.

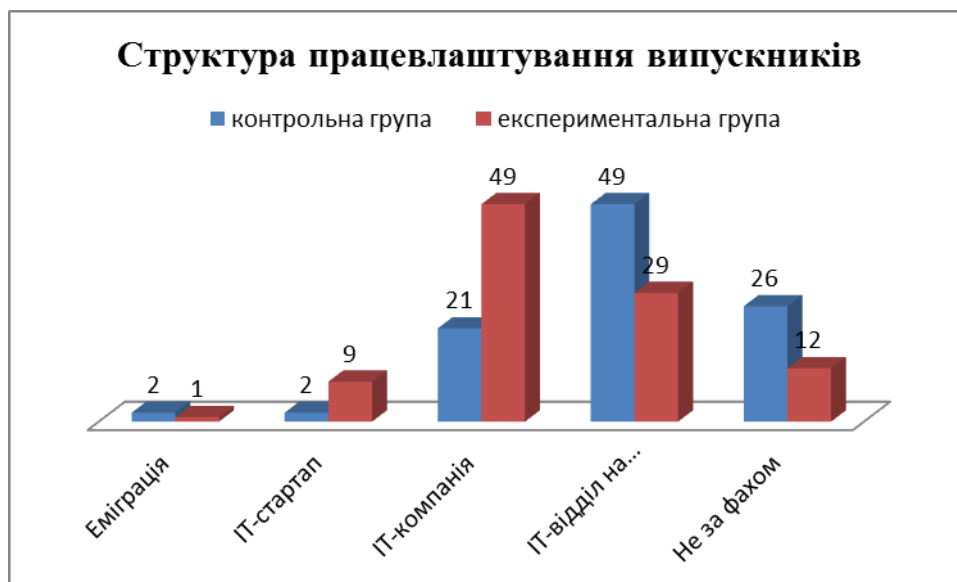


Рисунок 6 – Результати експерименту із взаємодією СФ НТУУ «КПІ» з місцевою промисловістю і органами влади

Основним результатом експерименту стало зростання числа студентів, що працюють за здобутим фахом. При цьому зросла частка працюючих безпосередньо в ІТ-компаніях, а не в комп'ютерних відділах, які обслуговують підприємства та організації.

У **висновках** сформульовані основні наукові результати дисертаційної роботи.

У **додатках** наведені акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлено і вирішено актуальну науково-практичну задачу розробки комплексу інструментальних засобів інформаційної технології автоматизації управління технологічними процесами університетських бізнес-центрів з «вирощування» ІТ-стартап-компаній. Така інформаційна технологія забезпечує вирішення завдань з відбору ІТ-команд і проектів; прийняття рішень про продовження або припинення підтримки ІТ-стартапу бізнес-центром; виявлення відсутніх компетенцій у підтримуваній компанії; надання керуючого впливу щодо перетворення ІТ-стартапу в самостійну компанію. Разом це дозволяє здійснити

якісний перехід у підготовці студентів ІТ-спеціальностей до повноцінного фахівця, здатного до роботи в сучасних виробничих умовах.

Основні результати дисертаційної роботи:

1. Виконано аналіз існуючих моделей управління стартап-компаніями і запропоновано нову модель управління ІТ-стартапом у рамках його життєвого циклу в середині університетського бізнес-центру. Управління підтримкою ІТ-стартапу через оцінки показників зрілості в поняттях моделі SW-CMM/CMMI дозволяє вирішити задачу формування в ІТ-стартапу необхідних організаційних компетенцій.

2. Запропоновано класифікацію моделей життєвих циклів (ЖЦ) створення ІТ-продуктів, що використовує як класифікаційний критерій послідовності виконання фаз і дій ЖЦ та розширює існуючі класифікації на моделі і методології, які знову з'явилися, що дозволило систематизувати знання про існуючі способи створення ІТ-продуктів.

3. Запропоновано новий різновид моделі ЖЦ створення ІТ-продукту, яка полягає у синтезі сучасних "швидких" методів створення автоматизованих систем з формальними вимогами ДСТУ 34, що дозволяє врахувати існуючу інженерну практику на пострадянському просторі і усунути протиріччя між традиційними методами управління проектами та ітеративними способами розробки, застосовуваними сучасними ІТ-компаніями.

4. За допомогою стохастичних мереж Петрі виконано формальне моделювання сучасних ЖЦ створення ІТ-продуктів, таких як модель прототипування і Agile Scrum, і стратегій призначення виконавців на окремі види робіт при виконанні ІТ-проекту. Показано, що мережі Петрі можуть бути успішною графічною мовою моделювання в ІТ-проектах, поряд із загальноновизнаною в інформаційних технологіях мовою UML.

5. Доведено NP-повноту задачі оптимальної розстановки наявних співробітників по роботах так, щоб загальний підсумковий час виконання всіх робіт був мінімальним і не порушувалося відношення слідування, визначене між окремими роботами, що дозволило зробити висновок про недоцільність перебування точного вирішення такого завдання і обґрунтувати використання засобу імітаційного моделювання.

6. На основі розроблених у роботі формальних моделей ЖЦ на базі мереж Петрі та технологій агентного імітаційного моделювання розроблено технологію проектного управління оцінки термінів виконання ІТ-проектів, які виконуються силами молодих команд і ІТ-стартап-компаній, у тому числі сформованих в університетському середовищі і які не володіють достатньою зрілістю для управління власними проектами.

7. У роботі знайшли подальший розвиток методи застосування інформаційних інтернет-технологій (веб-платформ) підтримки університетських бізнес-центрів. Показано доцільність розширення веб-платформ набором інструментальних засобів оцінки опікуваних ІТ-компаній, що дає можливість використовувати ці інструменти не тільки радою бізнес-центру для підтримки прийняття рішень щодо підтримуваного стартапу, а й самими стартапами для самооцінки і самоврядування.

8. Отримані наукові результати дали можливість сформувати інформаційну технологію підтримки ІТ-підприємництва в університетському середовищі, що є новою тенденцією серед університетів розвинених країн світу. Така технологія, спрямована на підтримку інноваційних ініціатив студентів і науково-викладацьких кадрів університетів, забезпечує подолання існуючого розриву між рівнем підготовки випускників вузів і вимогами сучасної промисловості.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Tool-Based Support of University-Industry Cooperation in IT-Engineering / V. V. Lytvynov, V. S. Kharchenko, S. V. Lytvyn, M. V. Saveliev, E. V. Trunova, I. S. Skiter. – Chernihiv: Chernihiv National University of Technology, 2015. – 107 p.
2. Saveliev M. V. IT project base continuous learning at the Chernobyl NPP / M. V. Saveliev, V. V. Lytvynov // Information Technologies & Knowledge. – 2015. – Vol. 9, N 1. – P. 44 – 53.
3. Модель компетенции как инструмент для оценки состояния IT-компаний в бизнес-центре университета / В. В. Литвинов, М. В. Савельев, И. С. Скитер, Е. В. Трунова // Математичні машини і системи. – 2015. – № 2. – С. 49 – 60.
4. Saveliev M. V. The simulation model of IT-product (service) development by a «start-up» company growing inside an academic institution / M. V. Saveliev, V. V. Lytvynov // Математичні машини і системи. – 2015. – № 4. – С. 92 – 99.
5. Носовский А. В. О подготовке специалистов в области снятия с эксплуатации атомных электрических станций / А. В. Носовский, М. В. Савельев // Ядерная и радиационная безопасность. – 2015. – № 4. – С. 58 – 63.
6. Dorosh M. Project Management in Cybersecurity Research in Ukraine / M. Dorosh, V. Lytvynov, M. Saveliev // Information Models and Analyses. – 2015. – Vol. 4, N 4. – P. 322 – 343.
7. Савельев М. В. О сложности одной задачи комбинаторной оптимизации / М. В. Савельев // Математичні машини і системи. – 2016. – № 4. – С. 106 – 110.
8. Литвинов В. В. Архітектура знаннеорієнтованої автоматизованої системи навчання / В. В. Литвинов, І. С. Посадська, М. В. Савельев // Технічні науки та технології: науковий журнал. – Чернігів: Чернігівський національний технологічний університет, 2016 – № 3 (5). – С. 122 – 130.
9. Савельев М. В. Выбор модели жизненного цикла проекта в области информационных технологий / М. В. Савельев // X міжнар. конф. «Управління проектами у розвитку суспільства»: тези доповідей, (Київ, 17 – 18 травня 2013 р.). – Київ, 2013. – С. 217 – 220.
10. Савельев М.В. Практическое применение моделирования при реализации проекта создания интегрированной автоматизированной системы контроля объекта «Укрытие» / М.В. Савельев // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС2013: Восьма міжнар. наук.-практ. конф., (Чернігів-Жукин, 24 – 28 червня 2013 р.). – Чернігів: Чернігівський державний технологічний університет, 2013. –

C. 42 – 46.

11. Saveliev M. Project-base continuous Learning / M. Saveliev // IX-th International Conference Modern (e-) Learning, (Kyiv – Sofia, 11–13 September 2014). – Kyiv – Sofia, 2014. – P. 88 – 89.

12. Савельєв М. В. Моделирование популярных моделей создания ИТ-продукта сетями Петри / М. В. Савельєв // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2015: Десята міжнар. наук.-практ. конф., (Чернігів, 22 – 26 червня 2015 р.). – Чернігів: Чернігівський державний технологічний університет, 2015. – С. 292 – 294.

13. Савельєв М. В. Імітаційна модель процесу розробки ІТ-продукту силами університетської команди / М. В. Савельєв, А. В. Дерлеменко // Матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. «Інформаційні технології: теорія, інновації, практика», (Полтава, 15 – 18 грудня 2015 р.). – Полтава: ПолтГТУ імені Ю. Кондратюка, 2015. – С. 105 – 107.

14. Nosovskyi A. Ukrainian Scientific and Technological Cluster of Nuclear Power Plants Decommissioning, Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management / A. Nosovskyi, M. Saveliev // Перша міжнар. конф. «Проблеми виведенні з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення оточуючого середовища» INUDEC02016, (Славутич, 25 – 27 квітня 2016 р.). – Славутич, 2016. – С. 143 – 147.

15. Савельєв М. В. Класифікація моделей життєвого циклу розробки ІТ-продукту / М.В. Савельєв // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2016: Одинадцята міжнар. наук.-практ. конф., (Жукин, 27 червня – 1 липня 2016 р.). – Жукин: Чернігівський державний технологічний університет, 2016. – С. 407 – 409.

16. Saveliev M. The model of IT-startup that grows in university ecosystem and approach to assess its maturity / M. Saveliev, V. Lytvynov // Information Models and Analyses. – 2016. – Vol. 5, N 3. – P. 236 – 245.

## АНОТАЦІЯ

**Савельєв М.В. Моделі та інструментальні засоби інформаційної технології підтримки університетських бізнес-інкубаторів ІТ-компаній.** – На правах рукопису.

Дисертаційну роботу присвячено проблемі пошуку та розробки ефективних моделей і методів управління технологічним процесом бізнес-центру (інкубатора) при університеті з «вирощування» нових ІТ-компаній. Описано модель ІТ-стартапу, його життєвого циклу в такому бізнес-центрі. Показано модель управління стартапом, засновану на формуванні і подальшій оцінці організаційної зрілості за моделлю СММІ. Пропонується структура інструментальних засобів, що забезпечують автоматизацію технологічних процесів університетського бізнес-центру.

За допомогою стохастичних мереж Петрі виконується формальне моделювання сучасних життєвих циклів створення ІТ-продуктів. Наводиться опис нової моделі життєвого циклу створення ІТ-продукту.

Математично формулюється задача оцінки термінів виконання проекту групою виконавців, що мають різну кваліфікацію. Доводиться NP-повнота такого завдання і пропонується її рішення за допомогою агентного імітаційного моделювання. Описується розроблений інструмент такої оцінки.

На базі апарату нечіткої логіки розробляються теоретичні основи інструменту оцінки зрілості IT-компаній. По моделі СММІ продемонстровано, що можливість дефазифікації результату оцінки дозволяє відстежувати динаміку змін у зрілості компанії в рамках одного досягнутого рівня.

**Ключові слова:** академічне IT-підприємництво, життєвий цикл створення IT-продукту, управління IT-проектом, IT-стартап, імітаційне моделювання, мережі Петрі, зрілість IT-компаній, нечітка логіка, СММІ, SLCM.

## АННОТАЦІЯ

**Савельев М.В. Модели и инструментальные средства информационной технологии поддержки университетских бизнес-инкубаторов IT-компаний.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, 2017.

Диссертационная работа посвящена проблеме поиска и разработки эффективных моделей и методов управления технологическим процессом бизнес-центров (инкубаторов) при университетах по «выращиванию» новых IT-компаний. Проведен анализ состояния подготовки IT-кадров вузами Украины, обозначена проблема несоответствия качества подготовки выпускников требованиям рынка, представлена концепция решения этой проблемы через развитие в университетах академического IT-предпринимательства, суть которой заключается в подготовке IT-специалистов через вовлечение их в проектную деятельность.

Описана модель IT-стартап-компания, ее жизненный цикл в университетском бизнес-центре, где она проходит стадии развития от коллектива единомышленников до самостоятельного бизнеса. Показана модель управления такой компанией со стороны бизнес-центра, основанная на формировании и последующей оценке организационной зрелости опекаемого стартапа по модели СММІ. Предлагается структура инструментальных средств, обеспечивающая автоматизацию технологических процессов такого университетского бизнес-центра.

Анализируются основные виды и особенности IT-проектов, их жизненные циклы. Рассматривается проблема выбора подходящего жизненного цикла реализации проекта для IT-стартапа, а также приводится описание нового вида модели жизненного цикла, учитывающей противоречия между классическими способами управления проектами и итеративными способами разработки, применяемыми современными IT-компаниями.

С помощью стохастических сетей Петри выполняется формальное

моделирование современных жизненных циклов создания ИТ-продуктов, а также стратегий назначения исполнителей на отдельные виды работ при выполнении ИТ-проекта. Показывается, что такое моделирование целесообразно делать методом «сверху-вниз» постепенно, детализируя этапы, фазы и действия жизненного цикла.

Математически формулируется задача оценки сроков выполнения проекта группой исполнителей, имеющих различную квалификацию. Доказывается NP-полнота данной задачи и предлагается ее решение с помощью агентного имитационного моделирования. На основе выполненных теоретических исследований разработана технология оценки сроков выполнения ИТ-проектов, выполняемых силами команд, не обладающих достаточной зрелостью для управления собственными проектами.

На базе аппарата нечеткой логики представлены теоретические основы инструмента оценки зрелости ИТ-компаний. В частности, показывается, что в отличие от стандартного способа оценки зрелости по модели СММІ, возможность дефаззификации результата оценки позволяет более точно отслеживать динамику изменений в зрелости компании в рамках одного достигнутого уровня. Приводится описание такого инструмента.

В работе выполнено описание инструмента отбора проектов для поддержки университетским бизнес-центром. Дается описание его теоретических основ на базе метода анализа иерархий Саати. Приводятся иерархии стейкхолдеров бизнес-центра и факторов, влияющих на выбор ИТ-проекта, полученные в результате опросов ученых, преподавателей, студентов и представителей финансового и промышленного бизнеса Черниговского региона Украины.

В работе представлено описание проведенного автором эксперимента по вовлечению студентов СФ НТУУ «КПИ» в ИТ-проекты в рамках взаимодействия филиала университета с местным бизнесом и органами власти, результатом которого стали рост количества выпускников, работающих по полученной специальности, и изменение структуры их трудоустройства в пользу ИТ-компаний.

**Ключевые слова:** академическое ИТ-предпринимательство, жизненный цикл создания ИТ-продукта, сети Петри, управление ИТ-проектом, ИТ-стартап, имитационное моделирование, зрелость ИТ-компаний, нечеткая логика, СММІ, SLCM.

## ABSTRACT

**Saveliev M.V. Models and tools of information technology that support university's business incubators of IT companies.** – Manuscript.

Thesis for the Ph.D. scientific degree in technical sciences, specialty 05.13.06 – information technology. – Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiyv, 2017.

The thesis is devoted to the research and development of effective models and methods of process management in the University's business-center (incubator) of support



new IT companies. The model of IT-start-up's lifecycle in such business-center is described. The control loop, based on the formation and subsequent evaluation of organizational maturity of IT-start-up based on CMMI model is shown. Structural model of the tools that provide the automation of technological processes of University's business-center is provided.

A formal modelling of modern life cycle of IT products development using stochastic Petri nets is executed. A new model of the IT product development life cycle based on the synthesis of sequential and iterative life cycle models is presented and the case of its application in real projects is shown.

The task of evaluating the timing of the project performed by a group of specialists with the different competence is formulated mathematically and NP-completeness of this task is proven. A solution of this problem using agent-based simulation is proposed and a tool of such assessment is described.

The tool for assessment of IT companies maturity is proposed and theoretical ground for implementing it on the basis of the apparatus of fuzzy logic is provided.

**Keywords:** academic IT entrepreneurship, IT product life cycle, IT project management, IT start-up, simulation modeling, Petri nets, maturity of IT companies, fuzzy logic, CMMI, SLCM.