

**Чень Цзе**Аспірант кафедри інформаційних систем і технологій, *orcid.org/0000-0002-7101-5870*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ФАКТОРІВ  
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ  
В ЯНЧЕНСЬКОМУ КЛАСТЕРІ**

***Анотація.** Проекти довели свою користь при плануванні і керуванні. Це значною мірою пояснюється тим, що умови та ефективність проекту розвиваються з плином часу в результаті відповідей на зворотний зв'язок, багато з яких пов'язані з нелінійними відносинами, а також нагромаджень прогресу та ресурсів проекту. Це зробило застосування системної динаміки для управління проектами благодатним і продуктивним полем для досліджень. Література з моделей системної динаміки проектів широко варіюється в рівні деталізації, особливо у характеристиці моделі. Деякі автори зосереджені на структурі моделі, а інші зосереджені на використанні моделі і описують структуру моделі тільки в загальних рисах. Розроблено модель взаємного впливу факторів конкурентоспроможності університету. Початковий стан модельованої системи визначається значеннями параметрів, які визначають частку ринку та кількість потенційних студентів Чорноморського національного університету імені Петра Могили в місті Янчень, Китай.*

***Ключові слова:** особливості проекту; цикл переопрацювання; контроль зворотного зв'язку; хвильовий і knock-on ефекти*

**Аналіз останніх досліджень  
і публікацій**

Проекти використовуються в промисловості, громадських послугах, освіті, науці та в інших сферах. Як комплекс заходів або завдань:

- мають конкретну мету (сферу), які будуть завершені в рамках певних специфікацій (вимог);
- визначені дати початку та завершення;
- мають ліміти на фінансування;
- мають ліміти на споживання і/або використання ресурсів [1].

Проекти довели свою користь при плануванні і керуванні. Це значною мірою пояснюється тим, що умови та ефективність проекту розвиваються з плином часу в результаті відповідей на зворотний зв'язок, багато з яких пов'язані з нелінійними відносинами, а також нагромаджень прогресу та ресурсів проекту. Це зробило застосування системної динаміки для управління проектами благодатним і продуктивним полем для досліджень.

Багато різних типів моделей були розроблені для поліпшення управління проектами. Ці моделі включають деякі з особливостей систем і характеристик системної динаміки. Наприклад, базові моделі проектів, такі як метод критичного шляху, для розробки фази та моделювання контролю витрат використовують прогнозовані проміжки

продуктивності (наприклад, дефіцит бюджету) для виділення коштів. Більш досконалі моделі, такі як обчислювальні моделі, розроблені колективом на чолі з Левіт [2] та ін. є системним динамічним моделюванням, оскільки ці моделі включають в себе пов'язані розробки діяльності, а також зворотний зв'язок.

Література з моделей системної динаміки проектів широко варіюється в рівні деталізації, особливо у характеристиці моделі. Деякі автори зосереджені на структурі моделі, а інші зосереджені на використанні моделі і описують структуру моделі тільки в загальних рисах [3; 4].

**Структури, що лежать в основній  
динаміці проекту**

Структури, які системні динамісти використовували для моделювання проектів можна описати в чотирьох групах, заснованих на центральній концепції, що інтегруються в проектні моделі. Категоризація забезпечує метаструктуру проектних структур моделі і пов'язує ці структури з методологією системної динаміки. Чотири моделі структурних груп:

1. *Особливості проекту.* Системна динаміка фокусується на функціях моделювання, що містяться в фактичних системах. У проектах вони включають процеси розвитку, ресурси, управлінські психічні

моделі і прийняття рішень. Моделювання важливих моделей реальних проектів збільшує здатність моделювати реалістичну динаміку проекту з використанням світового досвіду практикуючих менеджерів.

2. *Цикл переопрацювання.* Системна динаміка має безліч канонічних структур, що застосовуються в більшій частині динаміки певних типів моделей. У WIP-інвентарі (work in process inventory) структура в лініях постачання [5] і структура старіння в міській динаміці [6] є прикладами. Канонічна структура моделей проектів системної динаміки – цикл переопрацювання.

3. *Контроль зворотного зв'язку.* Моделювання, аналіз та удосконалення контролю динамічних систем є метою застосування системної динаміки в багатьох доменах. Оскільки менеджери проектів прагнуть вчасно, в рамках бюджету і якісно задовольнити всі вимоги, то здійснюється моделювання контрольних циклів зворотного зв'язку. Метою таких циклів є зменшення розриву між виконавцями та замовниками проекту. Для цього використовується моделювання системної динаміки управління проектами.

4. *Хвильовий і Кноск-он ефекти.* Політика опору і ненавмисних наслідків це основні пояснення, які використовуються в динаміці систем для багатьох несприятливих поведінок. "Хвильові ефекти" це ім'я, яке зазвичай використовується в проектах, щоб описати основні побічні ефекти благонамірених зусиль управління проектами. Моделювання ефектів хвиль в проектах охоплює і використовує концепцію політики опору. Кноск-он ефекти належать до вторинних наслідків зусиль з управління проектами. Тобто вплив хвильових ефектів, часто викликаний процесами, які здійснюють надмірний або згубний вплив, людськими факторами, які підсилюють негативні наслідки. Використання ефектів Кноск-он в моделях проектів використовує концепцію ненавмисних побічних ефектів для пояснення поведінки та продуктивності проекту.

## Особливості проекту

Проекти майже завжди складаються з набору завдань, які виконуються паралельно і в серіях. Таким чином, головною особливістю всіх динамічних систем моделювання проекту є представлення завдань розробки або роботи пакетів, які вони виконують через проект. Моделювання зазвичай починається в складі завдань, які потрібно зробити, а потім відбувається через процес розроблення проекту доти, доки запас завдань не досягне рівня завершення проекту. У моделі конкретного проекту завдання в процесі розробки можуть представляти весь проект, або можуть бути узагальнені в більш компактні етапи розвитку

(наприклад, у розробці специфікацій або кодування програмного забезпечення). Ще однією особливістю динамічних систем моделювання проекту є застосування ресурсів для управління потоками в процесі виконання на основі адаптування управління умовами проекту.

Робертс розробив першу опубліковану модель проекту і ввів потоки проектних робіт з точки зору "робочих одиниць" на основі ресурсів, що застосовуються, і продуктивності [7]. Крім того, він ввів кілька важливих концепцій, які представляють розуміння управління умовами проекту:

– прогалини сприйняття – відмінності між сприйняттям прогресу і реальний прогрес, а також між сприйняттям продуктивності і реальною продуктивністю;

– недооцінка мети та зусиль, що необхідні. Ці помилки можуть спричинити невідповідне виділення ресурсів, які в кінцевому підсумку мають негативний вплив на продуктивність проекту.

## Цикл переопрацювання

Цикл переопрацювання є однією з найважливіших особливостей системного динамічного моделювання проектів [8]. Цикл переопрацювання має рекурсивний характер, в якому цикл переопрацювання генерує більше цикл переопрацювання, що генерує більше цикл переопрацювання і т.д., що створює проблематичну поведінку, яка часто спостерігається протягом більшої частини тривалості проекту і є джерелом багатьох проблем управління проектами. PRA розробила перший цикл переопрацювання моделі, що показана концептуально на рис. 1 [9]. У наведеній формі цикл переопрацювання включає чотири потоки робіт. На початку проекту (або етапу проекту) вся робота позначається як "оригінальна робота, яку треба зробити". Досягнуто прогрес, застосовуючи зусилля. Частина виконаної роботи в будь-який момент часу містить помилки.

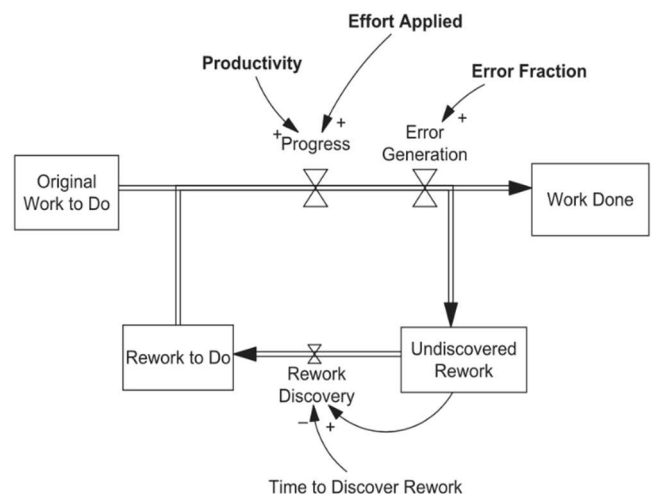


Рисунок 1 – Загальна схема циклу переопрацювання

Робота, що виконана коректно, переноситься в потік "виконана робота" і ніколи не потребує переробки (якщо пізніші зміни роблять цю роботу застарілими). Однак робота, що містить помилки, входить до потоку "невідкритих переробок". Помилки не розпізнаються відразу, але виявляються в результаті виконання роботи або тестування. Ці "знахідки переопрацювання" можуть відбутися через кілька місяців або навіть років після того, як було проведено переопрацювання. Після виявлення "цикл переопрацювання" потребує застосування додаткових зусиль. Переропрацювання потоку може генерувати або виявити більше переопрацювання, що має бути зроблено. Таким чином, деякі переопрацьовані елементи проходять через цикл переопрацювання один або кілька наступних разів.

### Контроль зворотного зв'язку

При моделюванні контролю зворотного зв'язку системні динамісти зосередили свою увагу на інформаційній обробці менеджерів проекту. Ефективність проекту, як правило, вимірюється за графіком, вартістю, якістю і областю. Дії з управління для контролю за виконанням проекту моделюються як зусилля щодо закриття цілі-відставання в одному або декількох вимірах продуктивності. Два основних методи, доступні для практикуючих менеджерів проекту, були змодельовані: переміщення поведінки проекту ближче до цілей (наприклад, робота понаднормово), або переміщення цілей до проектної поведінки (наприклад, зміна кінцевого строку). Обидва методи використовують негативні (контрольні) цикли зворотного зв'язку. Однак ліміти часто існують за розмірами і швидкістю коригування і обидві методи нав'язують витрати (грошові та інші види). Цілі проекту часто встановлюються на майбутні дати (наприклад, витрати, коли проект буде завершено), тому управлінці часто застосовують прогнозування продуктивності. Як зазначалося вище, системні динамісти моделюють умови сприйняття окремо від реальних умов, з рушійною силою управління проектами початкових умов і подальшому введенню фактичного прогресу. У ряді моделей структури, що використовуються для умов сприйняття, відображаються управлінські психічні моделі, які враховують гіпотетичну затримку фактичних умов. Наприклад, менеджери зазвичай включають невідоме переопрацювання в роботі, а отже, можуть переоцінювати прогрес. Це, у поєднанні зі звітними системами, які часто оцінюють продуктивність на день на основі гіпотетично виконаної роботи за годинами, витраченими на виконання, може переоцінити прогрес на початку проекту і недооцінити його пізніше [10]. Це генерує побічні ефекти зворотного зв'язку у вигляді хвильового ефекту.

Контроль за дедлайном є звичайним в практиці управління проектами і тому йому приділяється особлива увага багатьох системних моделей динаміки проектів. Три спільні дії можуть бути прийняті, щоб виправити ситуацію, в якій керівники проекту прогнозують, що вони можуть пропустити кінцевий термін [7]:

- наймати додаткових співробітників;
- понаднормово робота;
- працювати швидше.

Як вказано на рис. 2, ці форми "додати людей", "працювати більше", і "працювати швидше/мляво" петлі зворотного зв'язку. У цих петель очікувана затримка завершення відбувається через зростання кількості часу, необхідного для завершення роботи, яка перевищує час, що залишився для завершення проекту в строк. Це ініціює найм нових працівників, понаднормову працю (що збільшує кількість робочих годин на працівника), більш високу інтенсивність роботи (що підвищує продуктивність праці) або комбінацію цих механізмів. Зазвичай ці дії підвищують прогрес, зменшують залишковий обсяг роботи, і тим самим зменшують очікуваний ризик завершення роботи поза графіком. Але якщо очікувана затримка завершення є нульовою або негативною (наприклад, роботу, що залишилася, прогнозовано виконати за менший строк ніж передбачалося), інтенсивність роботи часто знижується, тим самим створюючи варіації "розхитування" петлі "робота швидше" – може знизитися інтенсивність роботи і продуктивність праці, що призводить до зменшення очікуваного виконання залишкового обсягу роботи. Ще одною варіацією петлі "розхитування" є петля "золотої обшивки", яка примушує виконавців додати "непотрібні" особливості і можливості, усуваючи тим самим розхитування.

Ще одна можлива дія, дотримання дедлайну, позначається негативним циклом у правому нижньому куті рис. 2. Крайній термін часто приймається тільки як остання границя, коли додавання петель ресурсів не повністю вирішує цю проблему.

### Хвильовий ефект

На жаль, дії, вжиті для закриття розриву між виконанням проекту та цілями, мають непередбачені побічні ефекти, що породжують фактори опору. Ці хвильові ефекти є первинними наслідками контролю проекту на переопрацювання та його чутливість. Рис. 3 додає чотири важливі ефекти хвильового ефекту зворотного зв'язку від трьох дій контролю проекту, що показані на рис. 2. Ці ефекти зазвичай знижують продуктивність або якість (за рахунок збільшення помилки фракції і переробки).

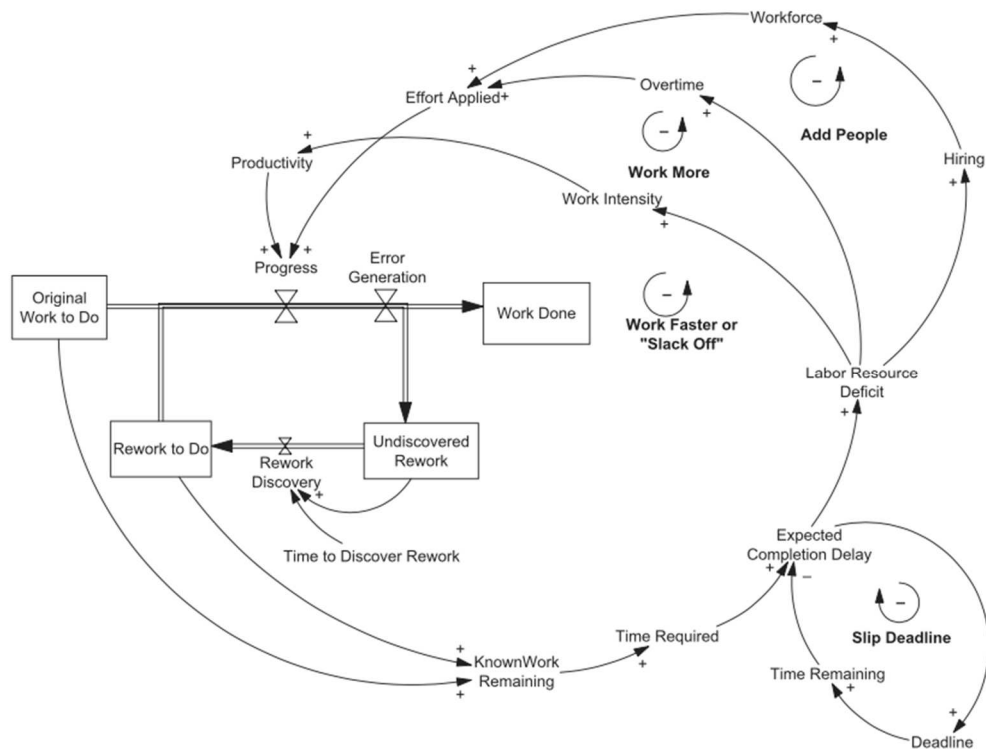


Рисунок 2 – Керування петлями зворотного зв'язку для досягнення цільового розкладу (крайній термін)

Наймання нових працівників може розбавити досвід роботи меншими навичками і/або меншим знайомством з проектом, оскільки вони вимагають часу досвідчених розробників для навчання, а не роботи над проектом [7]. Збільшення робочої сили може збільшити перевантаження та комунікаційні труднощі, що підвищує похибку і знижує продуктивність [11]. Понаднормова праця призводить до втоми, яка також збільшує помилки і зменшує продуктивність. Вища інтенсивність роботи збільшує похибку. Зниження продуктивності і збільшення переопрацювання збільшує обсяг робіт, тим самим збільшуючи трудові ресурси, необхідні для вчасного завершення. Ці ефекти формують непотрібні робочі петлі. Відповідно до теорії системної динаміки, вони підсилюють петлі, які можуть призвести до виходу проекту з-під контролю. Хоча ці зв'язки хвильового ефекту характерні для багатьох раних моделей проектів, вони, як правило, не чітко виражені.

### Knock-on ефекти

Хвильові ефекти породжують вторинні та третинні відгуки. Деякі з них є наслідками фізичних процесів, а інші обумовлені "людською реакцією" на проектні умови. Багато з цих ефектів породжуються активацією структур хвильових ефектів, описаних вище. Рис. 4 побудовано на основі рис. 3, щоб проілюструвати, що ці Knock-on відносини можуть генерувати значну шкідливу динаміку.

Поспіх створює непослідовну роботу – спроби виконати більше завдань паралельно, ніж це дозволяють фізичні або інформаційні обмеження, будь то шляхом додавання ресурсів або з утискуванням графіка, можуть призвести до роботи, яка не відповідає бажаній послідовності. Це зменшує продуктивність і збільшує помилки [9; 10].

"Помилки народжують помилки" – непередбачувані помилки в кінцевих продуктах роботи (наприклад, дизайнерські пакети), які успадковуються з початкових етапів проекту (наприклад, будівництво), зменшують якість роботи, оскільки ці непередбачувані проблеми закладаються на початку побудови продукту. Закодоване програмне забезпечення є добрим прикладом цього ефекту [5; 11].

"Помилки створюють більше роботи" – процес виправлення помилок може збільшити кількість завдань, які необхідно зробити для того, щоб вирішити проблему. Також може збільшити необхідну роботу, оскільки фіксація помилок займає більше зусиль, ніж виконання оригінальної роботи. Тейлор і Форд [12] продемонстрували, що цей ефект може створити "переломний момент" динаміки, через яку фракції завершення можуть припинити збільшуватися і почати зменшуватися. Часто це призводить до скасування проекту.

"Безнадія" – моральні проблеми можуть посилити наслідки. Втома і переробка можуть створити відчуття "безнадії", що збільшує помилки і зменшує продуктивність, а також збільшує невиконання [1].

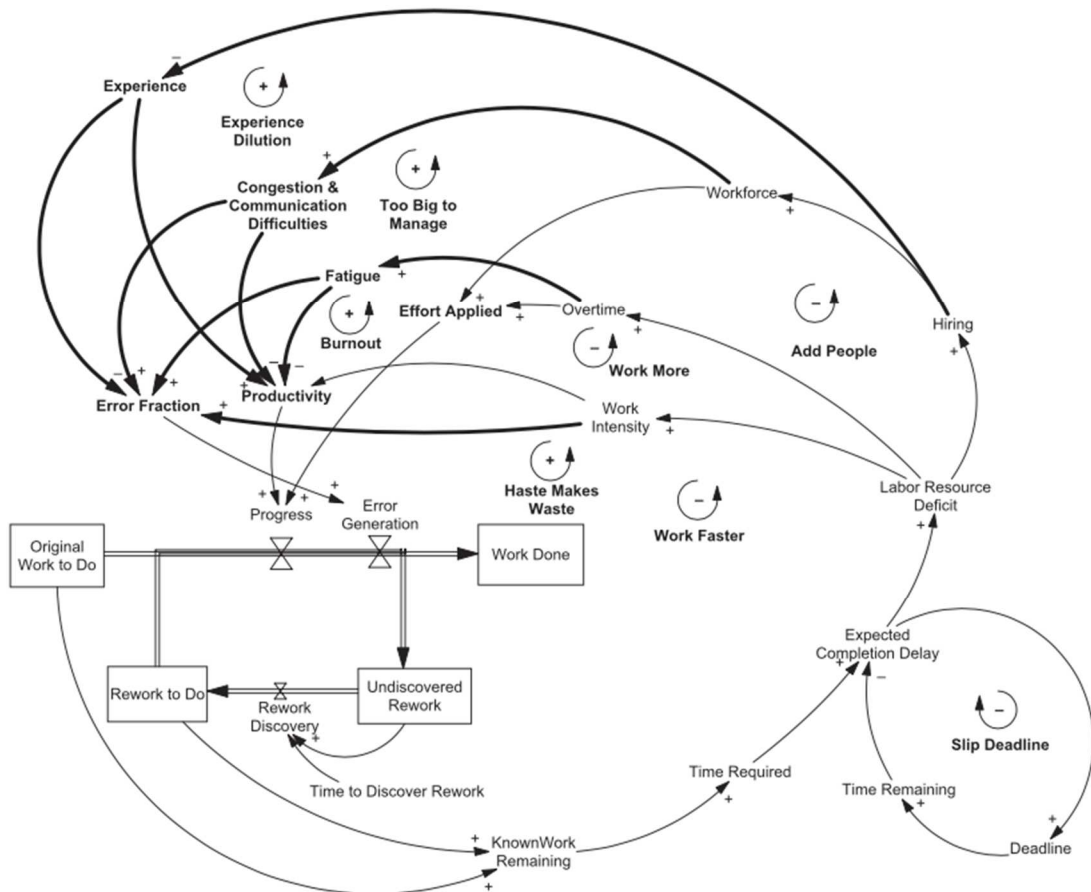


Рисунок 3 – Фактори опору через хвильовий ефект переопрацювання і контролю зворотного зв'язку для поліпшення графіка продуктивності

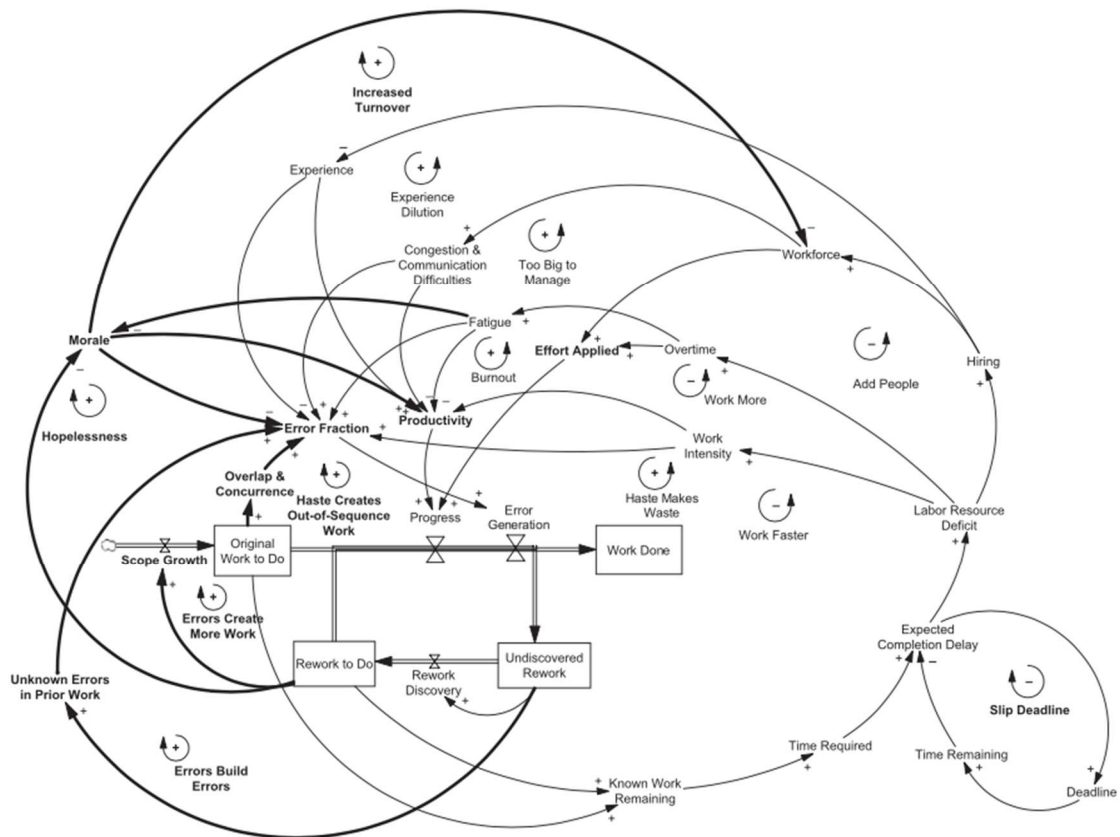


Рисунок 4 – Фактори опору через "Кноск он"-ефекти для управління зворотним зв'язком для поліпшення графіка продуктивності

В той час як первинний негативний хвильовий ефект і кноск-оп зворотного зв'язку, як правило, змодельовані системними динамістами як внутрішні для проекту (часто в тому числі постачальників і субпідрядників), несприятливі відгуки клієнтів і покупців можуть ініціювати або доповнювати внутрішню динаміку проекту [13].

Клієнти часто змінюють сферу або вимоги, активізуючи дії з управління проектами, хвильові ефекти і кноск-оп ефекти, тим самим уповільнюють проекти, які б в іншому випадку були успішними.

Проекти, які є небюджетними, можуть призвести до зусиль підрядника з метою збільшення бюджету за рахунок зміни замовлень, які відволікають зусилля від інших проектних робіт.

Незадовільне виконання розкладу і зміни термінів виконання можуть знизити довіру клієнтів до проектної групи, з подальшою вимогами до більшої кількості звітів; більше часу, витраченого на виконання звітності та взаємодії з клієнтом знижує продуктивність, уповільнює прогрес і вимагає додаткового графіка.

Зниження довіри клієнтів може також призвести до небажання клієнта погодитись з подальшим відтермінуванням кінцевого графіка, що підвищує тиск в розкладі і збільшує проблеми управління проектом.

У крайньому випадку, якщо проблеми проекту призводять до судового розгляду (у той час як проект все ще триває), то витік уваги управлінців на судову діяльність може зменшити увагу до самого проекту, і тим самим погіршити роботу проекту.

Ці "зовнішні фактори" зворотного зв'язку іноді включають в проектні моделі.

## Викладення основних результатів досліджень

Методика моделювання дає змогу здійснювати ефективний аналіз та управління структурою, що одночасно містить елементи неперервної і дискретної дії, під впливом численних випадкових чинників. Моделі використовують різні комбінації принципів моделювання, когнітивного моделювання та мережі Петрі. Використання методу системної динаміки як основного інструменту пов'язано з труднощами вибору стратегічної альтернативи в динамічній ситуації, в зовнішній і внутрішній невизначеності.

Використання різних методів моделювання допоможе приймати такі рішення:

- використовувати багатоцільові критерії в проектуванні і вивченні моделі;
- провести комплексний аналіз великої кількості альтернатив і вибрати варіант, який відповідає вибраним критеріям;
- досліджувати динамічні ситуації, коли настройки системи та середовища змінюються як проекти;
- досліджувати вплив характеристик структурних організацій та контурів зворотного зв'язку на поведінку системи;
- інтерпретувати системи потоків діаграми, щоб узгоджені рішення були зроблені;
- використання імітаційних моделей як інструменту для проведення великої кількості експериментів багатьох типів "what-ifs";
- проводити сценарії навчання на імітаційних моделях.

Система AnyLogic використовується для розроблення моделі взаємного впливу факторів конкурентоспроможності університету (рис. 5).

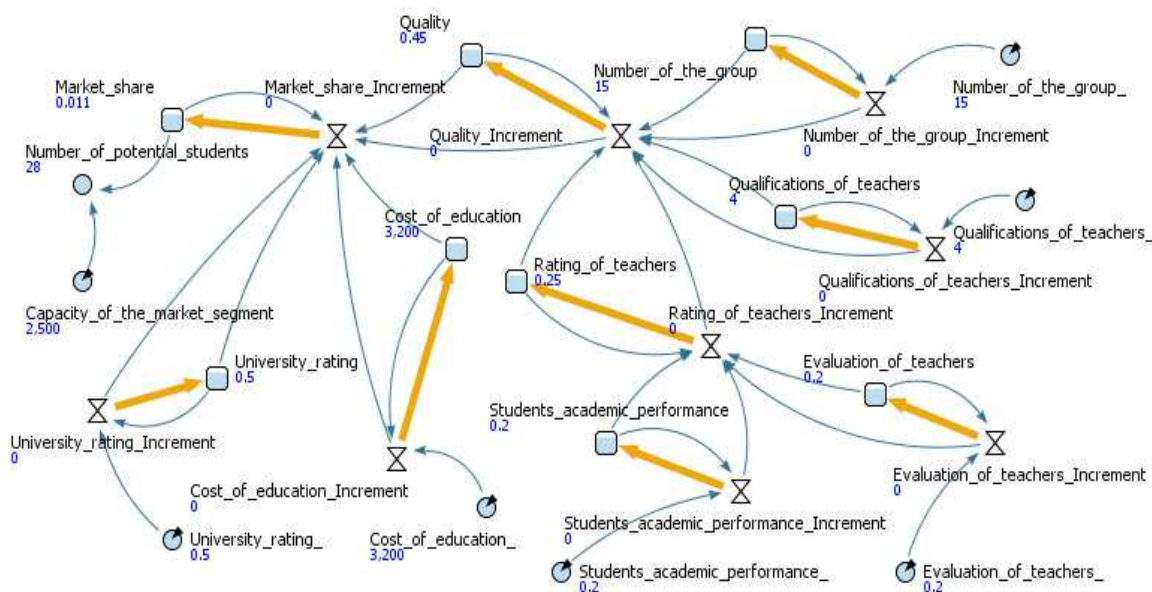


Рисунок 5 – Модель впливу факторів конкурентоспроможності частини ринку університету

Початковий стан модельованої системи визначається значеннями параметрів, які визначають частину ринку та кількість потенційних студентів Чорноморського національного університету імені Петра Могили в місті Янчень, Китай:

- загальна кількість потенційних студентів в області, в якій університет готує фахівців (сarasity) 3 200 осіб/рік;
- частина університету в загальній кількості студентів в області, в якій університет готує фахівців на момент t (нормалізована вартість, оцінюється в діапазоні 0; 1) (market'share) 0,014%;
- кількість потенційних студентів університетів (кількість potential'students) – 32;
- вартість навчання за одиницю часу (вартість) 18500 юанів/рік;
- якість навчання, раціоналізована вартість, оцінюється в діапазоні 0; 1 бала;
- рейтинг університету в даному сегменті ринку, раціоналізована вартість, оцінюється в діапазоні 0; 1 (університет рейтинг) 0,6 бала;
- середнє значення рейтингу професорсько-викладацького складу, раціоналізованого значення (оцінюється в діапазоні 0; 1 бал);
- рівень кваліфікації професорсько-викладацького складу, раціональна вартість (оцінюється в діапазоні в 6 балів);
- кількість студентів у групі одного вчителя (номер) 18 осіб;
- середній бал продуктивності студента, раціоналізований (оцінюється в діапазоні 0; 1 (студенти) 0,15 балів);

– середній рейтинг вчителя, отриманий за результатами опитування студента, має значення (оцінюється в діапазоні 0; 1 (оцінка вчителів) 0,21 балів).

Для аналізу сценарію вхідні змінні визначають параметри, які встановлюють свої цільові (необхідні) значення. У нашому випадку вони включають в себе: «вартість» освіти, «номер» групи, рейтинг «університет», «кваліфікація» викладачів, «студенти» навчально-перформанс, «оцінка».

Змінюючи ці параметри в режимі простого експерименту, можна проаналізувати наслідки можливих проектних рішень.

### Висновок

Розроблено модель взаємного впливу факторів конкурентоспроможності університету. Початковий стан модельованої системи визначається значеннями параметрів, які визначають частину ринку та кількість потенційних студентів Чорноморського національного університету імені Петра Могили в місті Янчень, Китай.

Для аналізу сценарію вхідні змінні визначають параметри, які встановлюють свої цільові (необхідні) значення. У нашому випадку вони включають в себе: «вартість» освіти, «номер» групи, рейтинг «університету», «кваліфікацію» викладачів, «студенти» навчально-перформанс, «оцінку».

Змінюючи ці параметри в режимі простого експерименту, можна проаналізувати наслідки можливих проектних рішень.

### References

1. *Project Management Institute (2000). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). Project Management Institute: PA.*
2. *Levitt, R.E., Thomsen, J., Christiansen, T.R., Kunz, J.C., Jin, Y., Nass, C. (1999). Simulating project work processes and organizations: toward a micro-contingency theory of organizational design. Management Science, 45 (11), 1479 – 1495.*
3. *Ackermann, F., Eden, C., Williams, T. (1997). Modelling for litigation: mixing qualitative and quantitative approaches. Interfaces, 27 (2), 48 – 65.*
4. *Eden, C.E., Williams, T.M., Ackermann, F.A. (1998). Dismantling the learning curve: the role J. M. Lyneis and D. N. Ford. System Dynamics Applied to Project Management, 187.*
5. *Sterman, J.D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin/McGraw Hill: Chicago, IL.*
6. *Forrester, J.W. (1961). Industrial Dynamics. MIT Press: Cambridge, MA. 1969. Urban Dynamics. MIT Press: Cambridge, MA.*
7. *Roberts, E.B. (1974). A simple model of R&D project dynamics. R&D Management 5(1). Reprinted in Roberts EB (ed.).*
8. *Lyneis, J.M. & Ford, D.N. (2007). System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research. System Dynamics Review, 23, 157 – 189.*
9. *Cooper, K.G. (1993). The rework cycle (a series of 3 articles): why projects are mismanaged; how it really works and reworks; benchmarks for the project manager. PMNETwork February (for first two articles); Project Management Journal March (for third article).*
10. *Cooper, K.G., Lyneis, J.M., Byrant, B.J. (2002). Learning to learn, from past to future. International Journal of Project Management, 20, 213 – 219.*

11. Abdel-Hamid, T.K., Madnick, S.E. (1991). *Software Project Dynamics: An Integrated Approach*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ.
12. Taylor, T., Ford, D.N. (2006). *Tipping point dynamics in development projects*. *System Dynamics Review*, 22 (1), 51 – 71.
13. McKenna, N. (2005). *Executing major projects through contractors*. In *Proceedings of the 2005 International System Dynamics Conference, Boston, MA*.

Стаття надійшла до редколегії 27.03.2019

---

**Chen Jie**

PhD student Department of Information Systems and Technology, [orcid.org/0000-0002-7101-5870](https://orcid.org/0000-0002-7101-5870)  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

**DEVELOPMENT OF THE MODEL OF THE MUTUAL INFLUENCE OF THE FACTORS  
OF COMPETITIVENESS OF THE UNIVERSITY IN THE YANCHEN CLUSTER**

**Abstract.** *Projects have proved their benefit in planning and management. This is largely explained by the fact that the conditions and efficiency of the project are evolving over time as a result of responses to feedback, many of which are related to non-linear relationships, as well as the accumulation of progress and project resources. This made the application of system dynamics for project management fertile and productive field for research. Literature from the models of system dynamics of projects varies widely in the level of detail, especially in the model characteristic. Some authors focus on the structure of the model, while others focus on using the model and describe the pattern structure only in general general terms. Model of mutual influence of university competitiveness factors is developed. The initial state of a simulated system is determined by the parameter values defining market share and the number of potential students of the Petro Mohyla Black Sea National University in Yancheng, China.*

**Keywords:** *Project features; processing cycle; feedback control; wave and Knock-on effects*

---

**Link to publication**

- APA Chen, Jie., (2019). *Development of the model of the mutual influence of the factors of competitiveness of the university in the Yanchen cluster*. *Management of Development of Complex Systems*, 38, 117 – 124, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788570](https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788570).
- ДСТУ Чень Цзе. Розробка моделі взаємного впливу факторів конкурентоспроможності університету в янченському кластері [Текст] / Чень Цзе // *Управління розвитком складних систем*. – 2019. – № 38. – С. 117 – 124, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788570](https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788570).