

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНКУРЕНЦІЇ НА УКРАЇНСЬКОМУ РИНКУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF COMPETITION FOR THE UKRAINIAN SOFTWARE MARKET

УДК 338.242.4

<https://doi.org/10.32843/infrastruct34-50>

Черноусова Ж.Т.

к.ф.-м.н., доцент кафедри математичного моделювання економічних систем Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бабенко І.Ю.

студентка Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У статті наведено аналітичний огляд наявної інформації про поняття її сутність процесів злиття та поглинання компаній. Запропоновано авторську модель динамічного розвитку інноваційної екосистеми на основі моделі Лотки-Вольтерра (модель «хижак – жертва»). За певних параметрів системи модель надає монотонний експоненціальний вид зростання популяцій. Виявлено, що зростання інноваційної екосистеми є можливим за рахунок правильного регулювання параметрів оподаткування корпорацій, дотацій малим інноваційним підприємствам, регулювання внутрішньовидової конкуренції та коефіцієнта поглинання малих інноваційних підприємств корпораціями. Кореляційний аналіз дав змогу побачити, які фактори є важелями впливу на той чи інший показник. Розглянуто три сценарії розвитку подій, які було проаналізовано на основі критеріїв Севіджа, Вальда та Лапласа. Ця модель може бути застосована для моделювання реальних інноваційних екосистем.

Ключові слова: програмне забезпечення, злиття та поглинання, «хижак», «жертва», інноваційна екосистема.

В статье приведен аналитический обзор существующей информации о понятии и

сущности процессов слияния и поглощения компаний. Предложена авторская модель динамического развития инновационной экосистемы на основе модели Лотки-Вольтерра (модель «хищник – жертва»). При определенных параметрах системы модель предоставляет монотонный экспоненциальный вид роста популяций. Определено, что рост инновационной экосистемы является возможным за счет правильного регулирования параметров налогообложения корпораций, дотаций малым инновационным предприятиям, регулирования внутривидовой конкуренции и коэффициента поглощения малых инновационных предприятий корпорациями. Корреляционный анализ позволил увидеть, какие факторы являются рычагами воздействия на тот или иной показатель. Рассмотрены три сценария развития событий, которые были проанализированы на основе критериев Севиджа, Вальда и Лапласа. Эта модель может быть использована для исследования реальных инновационных экосистем.

Ключевые слова: программное обеспечение, слияние и поглощение, «хищник», «жертва», инновационная экосистема.

The article is dedicated to analysis of companies' merge and acquisitions concept and core processes, provides an overview of information available in scientific and specialized literature on those processes. Article discloses motivation, aims and merge and acquisition agreement types of participants in these agreements. Consequences of merge and acquisitions are showed from the standpoint of development processes in natural (biological) ecosystems, main analogies are made within biological relations of "predator – victim" type of absorption. Economic systems based on similarities to biological ecosystem in a certain way could be innovative, due to construction of effective financial, informational and other types of feedbacks between economy entities. Article describes author's dynamic model of an innovative ecosystem development, the model is based on the Lotka-Volterra model ("predator – victim" model), where predators are represented by corporations, and the victims are small innovative enterprises. The model designed with a computer program, where certain system parameters give a monotonous exponential type of population growth. It is concluded that the growth of the innovation ecosystem is possible due to proper regulation of corporate taxation, subsidies to small innovative enterprises, regulation of intraspecific competition and acquisitions coefficient of small innovative enterprises by corporations. The model is supplemented with the objective function that maximizes the capitalization of industry considering given constraints. Correlation analysis of statistical data for previous years allows defining which factors are deeply related and could be a tool to amend other indicators influence. Based on that, a forecast for future periods, correlation analysis was made to understand future behavior of entities. Criteria of Savage, Wald and Laplace were used for modeling of three development scenarios. Nevertheless, the capitalization of software market has a positive trend. This model could be used to simulate real innovative ecosystems, which today exist in all developed countries.

Key words: software, merge and acquisition, "predator", "victim", innovative ecosystem.

Постановка проблеми. Ефективність та конкурентоспроможність економіки країни, її незалежність від економічного становища інших держав істотно залежать від розвитку інноваційних галузей та ринку інтелектуальної власності. Стрімкий розвиток інформаційних технологій привів до того, що вже зараз ринок програмного забезпечення (далі – ПЗ) вийшов на одне з перших місць за масштабністю, прибутковістю та швидкістю зростання. У зв'язку з цим все більш актуальною стає необхідність систематичного вивчення цього ринку та виявлення основних детермінант, що визначають його функціонування, задля розроблення методів та моделей аналізу продуктової стратегії компанії-виробників ПЗ, що працюють на цьому ринку.

Однією з найважливіших задач, поставлених задля розвитку інформаційного суспільства в Україні, є розвиток економіки держави на підставі використання інформаційних та телекомунікаційних технологій. Найбільш яскравим прикладом ринку інтелектуальної власності, що демонструє його відмінності від традиційних ринків, є ринок програмного забезпечення.

В інноваційній економіці конкурентні переваги багато в чому визначаються інноваціями та конкурентним застосуванням знань. Зародження нових технологій та інноваційних рішень передбачає втілення ідеї в життя в реальному економічному середовищі, де існують як позитивні, так і негативні фактори, що відображаються на формуванні інно-

вації. Однак великі компанії час від часу не помічають того, як зароджуються інноваційні технології. Вони не мають можливості стежити за всіма новими технологіями й трендами, тому змушені шукати інші методи інноваційного розвитку [1].

В Україні стартапи мають низький коефіцієнт виживання, що спричинене неврегульованим патентним правом, низьким рівнем інвестицій та нестачею досвіду ведення бізнесу. Через це існує проблема більш ефективного використання потенціалу стартапів та їх утилізації в разі відсутності успіху. Стратегічним фактором успіху компанії на внутрішньому та зовнішньому ринках є збільшення її ринкової вартості, що здійснюється через фінансування як за рахунок власних та запозичених засобів, так і за допомогою зовнішнього механізму злиття та поглинання M&A (англ. "Mergers & Acquisitions") з іншою компанією. Така інтеграція є одним з найпоширеніших шляхів розвитку, який використовує сьогодні більшість компаній, навіть з числа найуспішніших. Цей процес в сучасних умовах стає явищем звичайним, практично повсякденним.

Великі корпорації у сфері програмного забезпечення час від часу упускають з виду інноваційні технології, що зароджуються. Не маючи можливості слідкувати за всіма новими технологіями й трендами, вони змушені застосовувати інші методи інноваційного розвитку, одним з яких є поглинання чи покупка частки стартапу, що володіє цими технологіями [6].

Ця проблема обумовлює необхідність побудови моделі взаємовідносин великих продуктових компаній та стартапів задля пошуку найбільш взаємовигідних кооперацій для розвитку галузі загалом [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За основу моделі взято класичні моделі конкуренції двох видів:

- модель Лотки-Вольтерра;
- модель Ферхюльста-Пірла.

Перша модель відображає схему взаємодії двох видів типу «хижак – жертва». Можна помітити, що динаміка розвитку популяції «хижаків» і «жертв» має коливальний характер завдяки присутності циклів зі зворотним зв'язком, які змушують популяції коливатися навколо набору заданих умов [2].

Слід враховувати, що ємність середовища є обмеженою, тобто вміщує певну кількість об'єктів, перенасичення яких дає лише негативні наслідки (завелика конкуренція, зменшення дотацій на одну одиницю, втрата інвесторів), тому нагальним є встановлення певної межі, до якої прагне той чи інший суб'єкт системи, але не перевищує її. Цей ліміт описує система Ферхюльста-Пірла.

На основі цих моделей у роботі Б.А. Ахмадєєва «Моделювання інноваційної екосистеми» [2] запропонована модель, в якій:

– держава оподатковує корпорації для поповнення бюджету країни, у зв'язку з чим додається змінна T , яка обчислюється через додаткове диференціальне рівняння;

– бюджет T накопичується завдяки податкам t , зібраним з корпорацій;

– частина бюджетних грошей D витрачається на дотації стартапам;

– модель враховує можливу державну корупцію або грошову інфляцію у вигляді витоку частини грошей з накопиченого за рахунок податків бюджету, що складає L ;

– тепер враховується внутрішньовидова конкуренція (боротьба за ресурси між самими корпораціями та стартапами, де відбувається попарна взаємодія).

Постановка завдання. Метою статті є формування економіко-математичного інструментарію, що забезпечує прийняття рішень щодо протидії негативним явищам на ринку програмних продуктів, та визначення найоптимальніших умов його функціонування.

Під час побудови моделі використовувалися динамічний підхід та моделі з часовою затримкою.

Виклад основного матеріалу дослідження. У математичній формі модель Лотки-Вольтерра має такий вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (\alpha - \beta y)x, \\ \frac{dy}{dt} = (-\gamma + \delta x)y, \end{cases} \quad (1)$$

де x – кількість жертв; y – кількість хижаків; t – час; α , β , γ , δ – коефіцієнти, що відображають взаємодію між видами.

Модель же Ферхюльста-Пірла має такий вигляд:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x \left(\frac{K - x}{K} \right), \quad (2)$$

де α – коефіцієнт народжуваності; x – чисельність осіб певного виду; K – ємність середовища (максимально допустиме значення).

Графічно розв'язок цього рівняння буде мати вигляд, як на рис. 1.

За потреби цю модель доповнюють параметрами, що відповідають за конкуренцію між двома видами, якщо така присутня:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x \left(\frac{K - x - \beta y}{K} \right), \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dt} = \gamma y \left(\frac{K - x - \gamma y}{K} \right), \quad (4)$$

де β – характеристика u , яка відображає конкурентний тиск на одну особу виду x ; γ – чисельність осіб виду 2; δ – коефіцієнт народжуваності виду 2; γ – характеристика виду x , яка відображає конкурентний тиск на особу виду y .

Модель, запропонована Б.А. Ахмадєєвим, має такий вигляд:

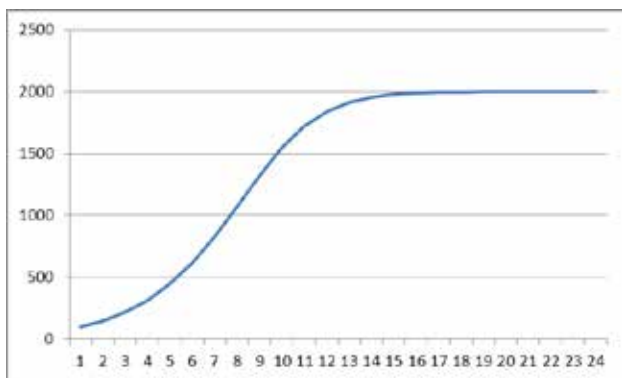


Рис. 1. Графічна інтерпретація рівняння Ферхюльста-Пірла

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (\alpha - \beta y_t)x_t - \frac{\alpha x_t^2}{K_x + DT_t}, \\ \frac{dy}{dt} = (1 - \tau)(-\gamma + \delta x_t)y_t - \frac{\delta y_t^2}{K_y}, \\ \frac{dT}{dt} = -T_t(D + L_t) + y_t\theta. \end{cases} \quad (5)$$

Базуючись на цих моделях, сформували нову модель, що описує процеси злиття та поглинання компаній. «Хижак» виступає великий бізнес, а «жертвами» – малий та середній. Графічно ця модель відображена у вигляді діаграми причинно-наслідкових зв'язків.

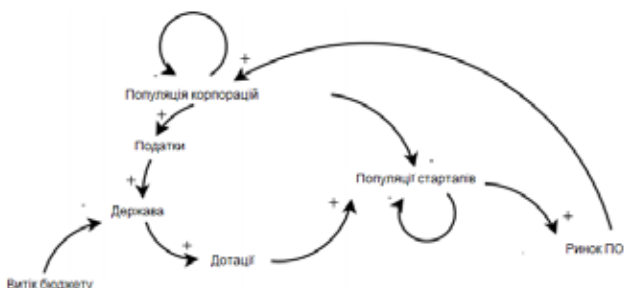


Рис. 2. Діаграма причинно-наслідкових зв'язків

Щоби краще зрозуміти, які фактори мають вирішальний вплив на розвиток галузі ПЗ, проведено дослідження показників моделі. На основі статистичних даних минулих років здійснено кореляційний аналіз, що дав змогу побачити, які фактори перебувають у тісній взаємодії, тобто що є важелями впливу на той чи інший показник. Система рівнянь буде доповнюватися такими взаємозв'язками:

$$j_t = (I_t, I_{t-1}), \quad (6)$$

$$g_t = (I_t), \quad (7)$$

$$m_t = (I_t, I_{t-1}), \quad (8)$$

$$p_t = (x_t, y_t). \quad (9)$$

Отже, кінцевий вигляд моделі з дискретним часом має вигляд:

$$F = \sum_{t=1}^T \left(\frac{p_t - T_t - m_t}{(1+r)^t} \right) \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_{t+1} = x_t + (1 - \theta) \left((\alpha - \beta y_t)x_t - j_t x_t - \frac{\alpha x_t^2}{K_x + DT_t} \right), \\ j_{t+1} = f(I_{t+1}, I_t), \\ y_{t+1} = y_t + (\mu(1 - \tau) + \rho(1 - \theta)) \left((-\gamma + \delta x_t)y_t + g_t y_t - \frac{\delta y_t^2}{K_y} \right), \\ g_{t+1} = f(I_{t+1}), \\ T_{t+1} = T_t - T_t(D + L_t) + \mu y_t \tau + g_t y_t + x_t \theta, \\ m_{t+1} = f(I_{t+1}, I_t), \\ p_{t+1} = f(x_{t+1}, y_{t+1}), \end{cases} \quad (10)$$

де x – кількість стартапів; y – кількість корпорацій; t – час; α – коефіцієнт народжуваності стартапів; β – коефіцієнт поглинання стартапів корпораціями; γ – коефіцієнт смертності корпорацій; δ – коефіцієнт народжуваності корпорацій; τ – частка оподаткування корпорацій; θ – частка оподаткування ФОП; j – кількість стартапів, які не отримали достатнього фінансування; μ – частка офіційно зареєстрованих підприємств; g – частка стартапів, які стали великими корпораціями; ρ – частка зареєстрованих ФОПів; I – сума інвестицій у галузь програмного забезпечення; m – втрати від піратства; l – сума закупівлі ПЗ; K_x – ємність ринку стартапів; K_y – аналогічний коефіцієнт для корпорацій; T_t – зібрані податки за період; D – частка податків, що спрямовуються на допомогу стартапам (дотації); L – частина податків, яка втрачається з казни (інфляція); ρ – капіталізація індустрії програмного забезпечення; r – ставка дисконтування.

В економічному середовищі показники, які є характеристикою певного процесу, як правило, зазнають змін, тобто вони залежні від часу. Деякі з них мають сталі значення (наприклад, податкова ставка), але деякі є динамічними (кількість підприємств, коефіцієнт злиття та поглинання), тому важливо враховувати цю динаміку під час розрахунку тієї чи іншої моделі.

Задля формалізації запропонованої моделі побудовано прогнози значень рівня інфляції, інвестицій на ринку ПЗ та витрат на закупівлю програмних продуктів на державному рівні. Ці значення важливі для обрахунку залежних від них змін на майбутні періоди.

Використано метод Хольта, регресійний та кореляційний аналіз. На основі значень рівня інфляції за 1991–2017 роки можна зробити прогноз значень на подальші періоди. Оскільки динаміка зміни рівня інфляції не має сезонності, але має тренд, використовується метод прогнозування Хольта.

Інвестиції є так званою рушійною силою розвитку галузі, оскільки вони забезпечують початок роботи будь-якого підприємства та його розвиток. На основі попередніх даних за 2010–2017 роки

проведено аналіз значень, побудовано прогноз до 2023 року. Оскільки значення рівня інвестицій мають тренд до збільшення, за допомогою тренду та експоненціального згладжування виведено рівняння регресії, за яким буде обраховуватись значення відповідно до періоду: $I = 82,585e^{0,0671t}$, де t – період часу [4].

Держава з бюджету постійно виділяє певну частину для закупівлі ПЗ. Це значення безпосередньо впливає на рівень піратства в країні. Проаналізувавши дані за попередні роки, побудували прогноз на наступні.

Рівняння регресії, що описує залежність рівня витрат за певний період часу, набуває такого вигляду: $I = 173,77e^{0,0137t}$.

Щоби зрозуміти те, які зміни, що піддаються управлінню з боку держави, впливають на галузь ПЗ, проведено детальний аналіз. На основі даних за минулі роки виведено показники кореляції, вибрано ті, які забезпечують найміцніший зв'язок (як від'ємний, так і додатний). Результати показали, що наявний сильний зв'язок між такими змінними:

- рівень інвестицій та стартапи, які ліквідувалися через брак фінансування (показник кореляції становить -0,97, що свідчить про від'ємний взаємозв'язок);

- рівень інвестицій та стартапи, що невдовзі стали продуктовими компаніями (коефіцієнт кореляції становить 0,934, що забезпечує додатну залежність);

- рівень піратства та закупівля легального ПЗ (коефіцієнт кореляції дорівнює -0,9675).

На основі цих даних проведено регресійний аналіз.

Розвиток стартапів безпосередньо залежить від рівня інвестицій у їх розвиток. Часто стартапи недоотримують фінансування й змушені ліквідуватися. Як правило, стартапи мають пройти три стадії інвестицій.

Оскільки інвестиції дають певне запізнення у своєму впливі, то для виведення рівняння регресії було використано модель розподіленого лага, адже для цього процесу відомим є той факт, що ефект від впливу деякого показника на інший помітний не одразу, а з часом.

Така модель включає не тільки змінні з лагами, але й змінні, що визначають теперішні показники економіки, що дає змогу проаналізувати те, як система поводитися в майбутньому та поводитись зараз.

Отже, використовується модель розподіленого лага, яка обчислюється на основі формули:

$$Y_t = \sum_{\tau=0} a_{\tau} X_{t-\tau} + \sum_{s=1}^m b_s X_{t,s} + u_t. \quad (11)$$

Провівши розрахунки, ми отримали таке рівняння:

$$j_t = 1,2849 - 0,0023I_t - 0,0032I_{t-1}. \quad (12)$$

Можна побачити, що прогнозовані значення схожі до реальних. Однак для того, щоби впевнитися в адекватності моделі, проведені розрахунки таких коефіцієнтів:

- циклічний коефіцієнт автокореляції:

$$r = \frac{\sum_{t=2}^8 u_t u_{t-1}}{\sum_{t=1}^8 u_t^2} + \frac{m+1}{n} = 0,507; \quad (13)$$

- коефіцієнт Дарбіна-Уотсона:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^8 (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^8 u_t^2} = 1,4. \quad (14)$$

Критичні значення критерія DW при $n=8$, $m=3$ і $\alpha=0,05$ є такими: $d1=0,7$, $d2=1,36$. Значення мають відповідати таким умовам: $d1 < DW$ і $d2 < DW < 4-d2$. Підставивши власні значення, отримуємо таке: $0,7 < 1,4$; $1,36 < 1,4 < 2,63$. Це свідчить про адекватність моделі та відсутність автокорельованих залишків.

Інвестиції також впливають на кількість стартапів, що невдовзі стали компаніями, однак вони мають дещо іншу динаміку. Автокореляція елементів часового ряду може бути описана на основі авторегресійної функції певного порядку, але коли йдеться про моделювання взаємозв'язків на основі багатомірних часових рядів, де необхідно кількісно описати залежність однієї змінної від інших та врахувати автокореляцію залежної змінної, то економетрична модель буде мати лагову змінну Y , що входить до пояснюючих змінних:

$$Y_t = f(Y_{t-1}, X_t, u_t). \quad (15)$$

Такий метод моделювання називається методом інструментальних змін. Оператор оцінювання Вальда застосовується для моделі з двома змінними:

$$Y_t = a_0 + a_1 X_t + u_t. \quad (16)$$

Застосувавши вибраний метод, ми отримали рівняння регресії:

$$g_t = 0,0042748 + 0,0000423I_t. \quad (17)$$

Коефіцієнти детермінації та кореляції свідчать про те, що побудована модель є достовірною, адже зв'язок, який вона кількісно описує, є досить тісним. Так, коефіцієнт детермінації показує, що на 94% варіація стартапів визначається варіацією інвестицій у галузь ПЗ [3].

Величина піратства в межах країни залежить від багатьох значень, але одним із вирішальних є сума закупівлі легального ПЗ з боку держави. Кошти діють із певним запізненням, тому існує лаг у моделі. Використана лагова модель, яка вже описувалась вище. Провівши обрахунки, отримали рівняння регресії:

$$m_t = 305,92 - 0,468f_t - 0,962f_{t-1}. \quad (18)$$

Прогнозовані значення схожі до реальних. Перевірка адекватності моделі передбачає:

– циклічний коефіцієнт автокореляції:

$$r = \frac{\sum_{t=2}^8 u_t u_{t-1}}{\sum_{t=1}^8 u_t^2} + \frac{m+1}{n} = 0,11; \quad (19)$$

– коефіцієнт Дарбіна-Уотсона:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^8 (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^8 u_t^2} = 1,49. \quad (20)$$

Критичні значення для критерія DW при $n=8$, $m=3$ і $\alpha=0,05$ є такими: $d1=0,7$, $d2=1,36$. Критичні значення мають відповідати таким умовам: $d1 < DW$ і $d2 < DW < 4-d2$. Підставивши обчислені значення, отримуємо таке: $0,7 < 1,49$; $1,36 < 1,49 < 2,51$. Значення задовольняє умові критерія Дарбіна-Уотсона та циклічного коефіцієнта автокореляції.

Це свідчить про адекватність моделі та відсутність автокорельованих залишків, тому доцільно використовувати це рівняння в подальших розрахунках.

Капіталізація галузі прямо залежить від кількості суб'єктів, що діють на ринку. Як правило, чим більше функціонує підприємств і стартапів, тим більше їх сукупний валовий дохід. Між ними існує сильний додатний зв'язок.

Їх взаємозалежність описується таким рівнянням регресії:

$$p_t = 2018,634 + 0,180895x_t - 0,95987y_t. \quad (21)$$

У цій моделі, окрім динаміки, яка була наведена в попередніх розрахунках, наявна зміна показників народжуваності та смертності компаній, а також народжуваності стартапів та їх поглинання великими корпораціями.

В процесі прийняття рішень особі, що його приймає, доводиться враховувати велику кількість показників, критеріїв, чинників, що впливають на поставлену в завданні мету. Прийняти правильне рішення означає вибрати таку альтернативу (варіант дії) з числа можливих, яка максимально сприятиме досягненню поставленої мети.

Крім того, практично в будь-яких реальних задачах існують різні невизначеності, пов'язані із суперечністю критеріїв, неповнотою знань про проблему, неможливістю кількісного вимірювання тих чи інших чинників та показників. Для вирішення подібних завдань в аналітичному плануванні широко застосовуються критерії прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності.

Існує декілька типів критеріїв, які практично охоплюють усі задачі прийняття рішень в умовах невизначеності. Розглянемо декілька з них.

1) Критерій Вальда. Показник гарантованого результату кожної чистої стратегії розраховується за формулою:

$$w_i = \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij}, i = \overline{1, m}. \quad (22)$$

Оптимальною за критерієм Вальда вважається та чиста стратегія, гарантований результат якої буде максимальним, тобто:

$$w = \max_{1 \leq i \leq m} w_i = \max_{1 \leq i \leq m} \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij}. \quad (23)$$

Таблиця 1

Результат обрахунку за критерієм Вальда

Виграш	Інвестиції	Сума закупок
19 768 млн. дол.	282,146 млн. дол.	312 млн. грн

2) Критерій Севіджа. Показник гарантованого результату визначається як величина максимального ризику:

$$s_i = \max_{1 \leq j \leq n} r_{ij}, i = \overline{1, m}. \quad (24)$$

Оптимальний ризик дорівнює:

$$s = \min_{1 \leq i \leq m} s_i = \min_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} r_{ij}. \quad (25)$$

Таблиця 2

Результат обрахунку за критерієм Севіджа

Ризик	Інвестиції	Сума закупок
10 654 млн. дол.	144,764 млн. дол.	415 млн. грн

3) Критерій Лапласа. Показник ефективності кожної чистої стратегії розраховується за формулою:

$$l_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, i = \overline{1, m}. \quad (26)$$

Оптимальний виграш дорівнює:

$$l = \max_{1 \leq i \leq m} l_i = \max_{1 \leq i \leq m} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}. \quad (27)$$

Таблиця 3

Результат обрахунку за критерієм Лапласа

Виграш	Інвестиції	Сума закупок
31 546 млн. дол.	211,98 млн. дол.	377 млн. грн

Розраховано, що за будь-якого сценарію розвитку ринку програмного забезпечення загальна тенденція капіталізації зростає, а за зміни коефіцієнтів народження й смертності мають змінюватися сума інвестицій та сума закупівлі ПЗ.

Отже, щоби забезпечити зростання ринку ПЗ, потрібно відштовхуватися від детермінант, що описують динаміку зміни об'єктів функціонування галузі.

Висновки з проведеного дослідження.

В інноваційній економіці конкурентні переваги багато в чому визначаються інноваціями та конкурентним застосуванням знань. Зародження нових технологій та інноваційних рішень передбачає втілення ідеї в життя в реальному економічному середовищі. Найбільш яскравим прикладом ринку інтелектуальної власності, що демонструє його відмінності від традиційних ринків, є ринок програмного забезпечення.

Під час роботи, відповідно до поставленої мети, вирішені такі теоретичні та практичні завдання:

– дослідження сучасних підходів до моделювання взаємодії суб'єктів ринку програмного забезпечення;

– статистичний аналіз ринку програмного забезпечення в Україні;

– розроблення та дослідження математичної моделі ринку програмного забезпечення;

– дослідження механізмів конкуренції на ринку програмного забезпечення за допомогою побудованих моделей, що враховують особливості цього ринку.

Проаналізовано процес, коли під час взаємодії на ринку програмного забезпечення великим корпораціям вигідніше поглинути інноваційну компанію, ніж самим інвестувати в наукові дослідження. На основі цього побудована модель, що визначає кількість стартапів, компаній та величини податкових надходжень від них у кожен момент часу.

Проаналізовано параметри, що впливають на цю чисельність, які підібрані відповідно до сучасних реалій на ринку ПЗ.

На основі показників минулих років побудовано прогноз показників на декілька періодів вперед, а також формалізовано взаємозалежність між ними, що дало змогу спостерігати їх вплив на ринок ПЗ.

У роботі ми розглянули три сценарії розвитку чисельності суб'єктів ринку програмного забезпечення за зміни головних параметрів. Виявлено, що за будь-якого сценарію розвитку загальна тенденція чисельності зростає.

Застосовано критерії, які допомагають керівнику приймати оптимальні управлінські рішення в умовах невизначеності, прогнозувати та планувати власну діяльність, дають змогу враховувати задані цілі й обмеження, а також звертають увагу на схильність до ризику осіб, що приймають рішення, дають можливість отримати прийнятні для практики раціональні рішення.

Результат дослідження має рекомендаційний характер для зміни наявних структур та зв'язків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Створення в Україні сприятливих умов для розвитку індустрії програмного забезпечення: Постанова Верховної Ради України від 15 березня 2012 року № 4538-17. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2012. № 42. Ст. 548.

2. Ахмадеев Б.А. Моделирование инновационной экосистемы: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2015. 17 с.

3. Кармазін О.О. Наукова та інноваційна діяльність України. *Державна служба статистики України*. 2017. С. 20–23.

4. Мельник О.М. ТОП-25 українських компаній-розробників. URL: <https://ain.ua/2012/03/15/top-25-ukrainskikh-kompanij-razrobotchikov-po-itogam-fevralya-2012-goda> (дата звернення: 26.05.2019).

5. Стартапи в IT-сфері. URL: <http://realcommerce.ru/startapy-v-itsfere> (дата звернення: 26.05.2019).

6. Особенности и перспективы украинских стартапов. URL: <http://bizrating.com.ua/20/articles/380/index.html> (дата звернення: 26.05.2019).

7. Стартап-ринок України. URL: <http://ain.ua/2011/12/02> (дата звернення: 26.05.2019).

REFERENCES:

1. The Verkhovna Rada of Ukraine (2012) Postanova Verkhovnoi Rady Ukrainy vid 15 bereznia 2012 roku № 4538-17 "Stvorennia v Ukraini spryiatlyvykh umov dlia rozvytku industrii prohramnoho zabezpechennia" [Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine on 15 March, 2012 No. 4538-17 "Creating favorable conditions for the development of the software industry in Ukraine"]. *Information of the Verkhovna Rada of Ukraine (IVR)*, no. 42, art. 548 (in Ukrainian).

2. Akhmadeev B.A. (2015) *Modelirovanie innovatsionnoy ekosistemy* [Modeling an Innovation Ecosystem] (abstract of the dissertation of a doctor of technical sciences), Moscow (in Russian).

3. Karmazin O.O. (2017) Naukova ta innovatsiina diialnist Ukrainy. [Scientific and innovative activity of Ukraine]. *State Statistics Service of Ukraine*, pp. 20–23 (in Ukrainian).

4. Mel'nik O.M. TOP-25 ukrainskikh kompaniy-razrobotchikov [TOP-25 Ukrainian development companies]. URL: <https://ain.ua/2012/03/15/top-25-ukrainskikh-kompanij-razrobotchikov-po-itogam-fevralya-2012-goda> (accessed: 26 May 2019) (in Russian).

5. Startapy v IT-sfere [Startups in the IT area]. URL: <http://realcommerce.ru/startapy-v-itsfere> (accessed: 26 May 2019) (in Russian).

6. Osobennosti i perspektivy ukrainskikh startapov [Features and prospects of Ukrainian startups]. URL: <http://bizrating.com.ua/20/articles/380/index.html> (accessed: 26 May 2019) (in Russian).

7. Startap-rynok Ukrainy [Startup market of Ukraine]. URL: <http://ain.ua/2011/12/02> (accessed: 26 May 2019) (in Ukrainian).

Chernousova Zhanna

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Lecturer at Department of
Mathematical Modeling for Economic Systems
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Babenko Iryna

Student
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF COMPETITION FOR THE UKRAINIAN SOFTWARE MARKET

The article is dedicated to analysis of companies' merge and acquisitions concept and core processes, provides an overview of information available in scientific and specialized literature on those processes.

Article discloses motivation, aims and merge and acquisition agreement types of participants in these agreements. Consequences of merge and acquisitions are showed from the standpoint of development processes in natural (biological) ecosystems, main analogies are made within biological relations of “predator – victim” type of absorption. Results revealed that entities in economic systems have similar behavior to biological system representatives. Economic systems based on similarities to biological ecosystem in a certain way could be innovative, due to construction of effective financial, informational and other types of feedbacks between economy entities. The concept of innovative ecosystem and its major growth factors were analyzed.

Article describes author's dynamic model of an innovative ecosystem development, the model is based on the Lotka-Volterra model (predator-victim model), where predators are represented by corporations and the victims are small innovative enterprises (SIEs). As the environment capacity is limited, capable to contain a certain number of entities and overpopulation of them lead only to negative consequences (excessive competition, reduction of subsidies per unit, loss/lack of investors). Considering this limitation, it is requiring to set a certain limit to which amount of entities in the system strives, but does not exceed it. This limit describes in the Ferghüst-Pirla system. The model designed with a computer program, where certain system parameters give a monotonous exponential type of population growth. It is concluded that the growth of the innovation ecosystem is possible due to proper regulation of corporate taxation, subsidies to small innovative enterprises, regulation of intraspecific competition and acquisitions coefficient of small innovative enterprises by corporations.

The model is supplemented with the objective function that maximizes the capitalization of industry considering given constraints.

Investigation of model key indicators was done in order to understand influencing factors on the development of the software industry. Correlation analysis of statistical data for previous years allows defining which factors are deeply related and could be a tool to amend other indicators influence. Based on that, a forecast for future periods, correlation analysis was made to understand future behavior of entities.

Criteria of Savage, Wald and Laplace were used for modeling of three development scenarios. The criteria are used to help optimize managerial decisions in uncertainty, to predict and plan activities, allow to take into account the goals and constrains, risk appetites of decision makers, provide rational solutions that are acceptable for practice.

Appropriate parameters under industry conditions allow maximizing of gains. Regarding software market growth it is necessary to rely on determinants that are describing the dynamics of market entity changes. Nevertheless, the capitalization of software market has a positive trend.

This model could be used to simulate real innovative ecosystems, which today exist in all developed countries.