



УДК 519.2

Ю. П. Матусов,

старший викладач, кафедра математичного моделювання економічних систем, факультет менеджменту та маркетингу,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

О. І. Трубнікова,

магістр, кафедра математичного моделювання економічних систем,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

МОДЕЛЮВАННЯ СУБГАУСІВСЬКИХ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ БІЗНЕС-ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ ЕКОЛОГОМІСТКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Анотація. Показано доцільність використання апарату субгаусівських випадкових процесів та їх характеристик для опису інноваційних процесів бізнес-технологій. Відображено взаємозв'язок структури капіталу підприємства та стратегії його розвитку. Показано вплив екологічного фактору виробництва на розвиток фірми та його прибуток у довгостроковому періоді.

Annotation. Displayed the use of apparatus of subgaussian random processes and their characteristics to describe the innovative process of business-technologies. Results relationship between capital structure and business strategy of development. Shown the influence of environmental factors on the development of production and profits in the long period.

Ключові слова: інноваційний процес, субгаусівська випадкова величина, стратегія розвитку фірми, екологічність продукції.

Key words: innovative process of business-technologies, subgaussian random value, business strategy of development, environmental factor of production.

Вступ

Актуальність дослідження інноваційних процесів в наш час не викликає сумнівів. Основою стратегічного курсу економічного розвитку держави у Посланні Президента України до Верховної Ради "Європейський вибір. Концептуальні засади стратегії економічного та соціального розвитку України на 2002-2011 роки" визначено "реалізацію державної політики, спрямованої на запровадження інноваційної моделі структурної перебудови та зростання економіки, утвердження України як високотехнологічної держави". Впровадження визначеної Президентом України стратегії інноваційного розвитку вимагає інтеграції науки і виробництва та підвищення ефективності використання результатів наукової та науково-технічної діяльності. Зрозуміло, що інформаційно-аналітичне забезпечення вкрай необхідне на всіх стадіях інноваційного процесу.

Постановка задачі

Знання тепер стає основним джерелом багатства націй на рівні компаній і країн. У розвинених економіках вартість промислових активів компаній і організацій безпосередньо пов'язана з їхньою здатністю генерувати нові знання, з інтелектуальним капіталом. Це породжує поняття інноваційних процесів та інноваційних економік, що на сьогодні належать найрозвинутішим країнам.

З іншого боку наприкінці XX сторіччя в економічній теорії та міжнародній практиці використовується поняття "Sustainable Development". Під стійким розвитком розуміють таку модель соціально-економічного розвитку, яка забезпечує життєві потреби нинішнього покоління і не позбавляє такої можливості майбутні покоління через вичерпання природних ресурсів та деградацію довкілля. Очевидно, що реалізувати це неможливо без науково-технічного розвитку.

У зв'язку з цим, актуальною науковою задачею є розробка моделі, яка б відображала взаємодію основних факторів стійкого розвитку з урахуванням інноваційних процесів та дозволяла визначити параметри при яких досягається головна мета роботи будь-якого підприємства – отримання максимального прибутку.

Для показовості аналізу роботи підприємства, запропоновано поділ фінансових потоків фірми за їх цільовим призначенням – виробничі, адміністративні, природоохоронні. Розглядається виробниче підприємство, для якого актуальним стає питання його стійкості – його діяльність впливає на такі сфери життя суспільства, як економічна, соціальна та екологічна. Класифікація витрат за функціями дозволяє обчислювати ефективність вкладання коштів у кожну зі сфер та виявити пріоритетні напрямки капіталовкладень.

Передбачається, що впровадження інновацій спочатку спричинятиме відтік, а згодом притік коштів, надаючи конкурентні переваги на ринку. В той же час характер інновації спричинятиме позитивний або негативний вплив на стан навколишнього середовища. При моделюванні процесу впровадження інновацій застосовується апарат субгаусівських випадкових процесів. Їх опис та обґрунтування доцільності використання буде наведено нижче. Для опису зв'язків між діяльністю підприємства та забрудненням навколишнього середовища було розглянуто декілька нелінійних моделей та обрано найбільш адекватну.

Цільовою функцією вважається акумульований дисконтований прибуток за певний проміжок часу. Часовий проміжок повинен бути не менший за очікуваний життєвий цикл інновації.

Результати

Важливо звернути увагу на різноманітність видів інновацій. Вони не передбачають однакові ризики та не приносять однакові ефекти. Серед підходів до класифікації інновацій найпоширенішим тепер вважається розподіл їх за змістом та сферою застосування. На основі цього критерію вирізняються великі групи інновацій. Усі інновації можна розділити на 3 універсальні типи: інкрементна, напіврадикальна, радикальна. Класифікують також за очікуваним ефектом від впровадження інновації. Так виділяють: економічний, соціальний, екологічний, науково-технічний ефекти. Не економічні ефекти все рівно несуть в собі потенційний економічний ефект від впровадження інновацій можна назвати випадковою величиною, що розподілена у часі відповідно до стадій, які проходить інновація. Ефектом буде називатися різниця між надприбутком, який отримує підприємство під час запровадження інновації та середнє очікуваним прибутком, що мав би місце без неї.

Коли фірма приймає рішення про вкладання грошей у той чи інший проект, оцінює усі ризики та імовірні прибутку, то складається бюджет витрат та очікуваних доходів, де передбачається строки окупності та приблизні часові проміжки етапів інновації.

Розглядаючи інноваційний ефект, як випадкову величину з певним розподілом, логічно ввести поняття математичного очікування та дисперсії. Таким чином, час, за який інновація сягне найбільшого попиту, та приноситиме максимальні прибутки – це математичне сподівання інноваційного процесу, а дисперсією – деякий показник довговічності інновації, тобто час за який інноваційний ефект сягне свого максимуму та згодом зійде нанівець.

Таким, чином суму коштів, яку принесе підприємству певний проект, можна визначити через наступний інтеграл:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda t} dF(\xi) \leq e^{-\frac{\lambda^2 \tau^2}{2}},$$

де $F(\xi)$ - функція розподілу випадкової величини ξ .

Випадкова величина ξ називається субгаусівською, якщо існує таке $\alpha \geq 0$, для усіх $\lambda \in (-\infty, \infty)$, виконується

$$M[e^{\lambda \xi}] \leq e^{\left\{ \frac{\alpha^2 \lambda^2}{2} \right\}} \quad (1)$$

Число

$$\tau(\theta) = \inf \left\{ \alpha \geq 0 : M[e^{-\lambda \theta}] \leq e^{\left\{ \frac{\alpha^2 \lambda^2}{2} \right\}} \right\}$$

називається гаусівським стандартом випадкової величини ξ . Зрозуміло що ξ - субгаусівська величина тоді і тільки тоді, коли $\tau(\xi) < \infty$ [1]

Очевидним є, що ефект отриманий від реалізації інноваційного проекту є випадковою величиною. Звісно проводяться оцінки можливого значення кожного з ефектів, але вони є приблизними та значно розтягнутими у часі.

Ми зосередилися на діяльності підприємства, що виробляє певну продукцію та має усталене виробництво. Тобто володіє виробничими лініями, які мінімізують людське втручання у процес виготовлення продукції. Процес отримання прибутку на такому підприємстві підпорядковується гаусівському процесу. Ми не розглядаємо радикальних інновацій, а зосереджуємо свою увагу на інкрементних та напіврадикальних нововведеннях, що періодично відбуваються в часі, заміщуючи один одне. Характерним для інновацій також є той факт, що вони поширюються не тільки в межах 1 виробництва, а також і на інші – процес перейняття технологій. Сукупність гаусівських інноваційних процесів на підприємстві утворює сімейство випадкових процесів. Для формалізації будемо вважати, що вони мають однаковий характер, а їх сукупність являє собою субгаусівський процес. Тоді,

$$M[e^{\lambda \theta}] \leq e^{\left\{ \frac{\alpha^2 \lambda^2}{2} \right\}}, \text{ якщо існує таке } \alpha \geq 0, \text{ для якого нерівність буде}$$

справедливою для усіх $\lambda \in (-\infty, \infty)$. В такому випадку повинно існувати $\tau(\theta) = \inf \left\{ \alpha \geq 0 : M[e^{-\lambda \theta}] \leq e^{\left\{ \frac{\alpha^2 \lambda^2}{2} \right\}} \right\}$, причому має виконуватись $\tau(\theta) < \infty$ [1].

Якщо інтерпретувати записані вище формули економічною мовою, то $\tau(\theta)$ виступатиме в ролі часу, який необхідний для досягнення певного рівня прибутковості (економічного ефекту від впровадження інновації), θ - інноваційний ефект – субгаусівська випадкова величина.

Використовуючи зазначені вище властивості гаусівського стандарту можна оцінити проміжок часу, що виступатиме в ролі життєвого циклу інновації.

Для введення поняття інноваційний ефект в модель виробничого зростання, зосередимося на поняттях розподілу та щільності розподілу випадкової величини.

Розподіл субгаусівської випадкової величини можна записати в наступному аналітичному вигляді:

$$F(x) \leq \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left\{ -\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\}, \quad (2)$$

де

x - значення випадкової величини (в нашому випадку інноваційного ефекту),

μ - зміщення випадкової величини (в нашому випадку очікуваний час отримання максимальних прибутків в момент часу),

σ^2 - дисперсія випадкової величини (в нашому випадку показник швидкості становлення та старіння інновації).

Тоді щільність розподілу такої випадкової величини матиме вигляд:

$$F(x) \leq \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\}, \quad (3)$$

з відповідними величинами. І в цьому випадку показник щільності розподілу в кожний момент часу – це показник ефективності інноваційного процесу.

Виробнича функція «модельного» підприємства металургійної промисловості залежить від капіталу інвестованого у технологію, вартості сировини, а також інноваційного ефекту, що матиме місце на підприємстві:

$$Y(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta, t) = A(t) K_{MA}^V(t)^{\alpha_1} K_{OA}^V(t)^{\alpha_2} e^{\theta t}$$

Як ми бачимо, капітал виступає головним виробничим фактором. Отже, його розподіл за різним призначенням відображає стратегію фірми. Розгляд структури капіталовкладень на підприємстві за цільовим призначенням є дуже важливим: $K(t) = K^V(t) + K^{eco}(t) + K^{in}(t)$ [2].

Ці показники можуть змінюватися у часі та відображують стратегію розвитку підприємства. При інноваційному розвитку найбільший пріоритет надається інвестиціям у розробки та нововведення; якщо підприємство прагне налагодити випуск продукції за встановленим стандартом, то інвестиції спрямовуються на підтримку існуючої технології; якщо підприємство має на меті забезпечити якомога кращий стан навколишнього середовища, то інвестуватиме кошти в очисне обладнання.

У житті жодне підприємство не обере чистої з вищенаведених стратегій. Воно буде прагнути комбінувати їх у найліпший для себе спосіб.

Проведемо аналіз показників, – $K^V(t) = p_v K(t), K^{eco}(t) = p_{eco} K(t), K^{in}(t) = p_{in} K(t)$ причому $p_v + p_{eco} + p_{in} = 1$. Вони відображають відсоток коштів, що задіяні у кожній з розглянутих сфер. Отже,

$$p_v = \frac{K_{MA}^V(t) + K_{OA}^V(t)}{K(t)}, \quad (4)$$

де

$K_{MA}^V(t)$ - сума необоротних активів, що безпосередньо задіяні у процесі виробництва;

$K_{OA}^V(t)$ - сума оборотних активів, що безпосередньо задіяні у виробництві;

$K(t)$ - сукупний капітал підприємства (у тому числі залучені кошти). Потрібно відзначити, що в ці показники не включають витрати на іспити, досліді, дослідження та витрати на охорону навколишнього середовища, незважаючи на те, що у бухгалтерському обліку їх відносять до загальновиробничих витрат;

$$p_{eco} = \frac{K_{MA}^{eco}(t) + K_{OA}^{eco}(t)}{K(t)}, \quad (5)$$

де

$K_{MA}^{eco}(t)$ - сума необоротних активів природоохоронного призначення,

$K_{OA}^{eco}(t)$ - сума оборотних активів природоохоронного призначення,

$K(t)$ - сукупний капітал підприємства (у тому числі залучені кошти);

$$p_{in} = \frac{K_{MA}^{in}(t) + K_{OA}^{in}(t)}{K(t)}, \quad (6)$$

де

$K_{MA}^{in}(t)$ - сума необоротних активів, що використовуються,

$K_{OA}^{in}(t)$ - сума оборотних активів природоохоронного призначення,

$K(t)$ - сукупний капітал підприємства (у тому числі залучені кошти).

Так як однією з важливих моментів, є оцінка знецінення необоротних активів, тобто обрахунок амортизації та старіння технології, то важливим є відображення цієї складової у моделі.

$$\frac{dK_{MA}(t)}{dt} = J_{MA}(t) - \sum_{j=1}^n \delta_j K_{MA_j}(t), \quad (7)$$

де

$K_{MA_j}(t)$ - необоротні активи певного типу, δ_j - темп амортизації необоротних активів певного типу. Цей показник можна також інтерпретувати як швидкість оновлення технології, він не повинен перевищувати встановлених законом норм амортизації, $J_{MA}(t) = J_{MA}^V(t) + J_{MA}^{eco}(t) + J_{MA}^{in}(t)$ – показник частки

необоротних активів у капіталі підприємства, $K(t)$ – сукупний капітал підприємства (у тому числі залучені кошти) [3].

Таким чином, сформувавши модель інноваційного розвитку підприємства з урахування стану навколишнього середовища, ми зможемо дослідити зміну прибутковості підприємства в залежності від вибору комбінації стратегій.

Для формалізації впливу діяльності підприємства згадаємо яким чином його діяльність впливає на стан навколишнього середовища. Виділимо найсуттєвіші фактори:

- Спустошення запасів корисних копалин (динаміка розробки родовищ)
- Забруднення атмосфери
- Забруднення водойм
- Забруднення ґрунту

Необхідно визначити розмір штрафу для кожного з цих показників, що сплачується при виробництві 1 партії продукції. Таким чином ми зможемо

підрахувати екологічність продукції.

У випадку якщо сумарне забруднення за розрахунковий період по кожному з видів забруднення перевищує дозволений ліміт, це призводить до накладання штрафів на підприємство. Це в свою чергу зменшує прибуток від його діяльності та наносить невідправну шкоду навколишньому середовищу через перевищення граничнодопустимої концентрації шкідливих речовин.

Запишемо диференціальне рівняння, що відображатиме зміну стану навколишнього середовища у часі.

$$\frac{dr(Y, z(K_{eco}(t)))}{dt} = \frac{dz(K_{eco}(t))}{dt} Y(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta), \quad (8)$$

де

$Y(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta)$ – виробнича функція,

$z(K_{eco}(t))$ – показник залежності обсягів виплат за забруднення навколишнього середовища певного типу на 1 продукції (чи партію) від природоохоронних витрат,

$r(Y, z(K_{eco}(t)))$ – показник стану навколишнього середовища.

Зведемо вищеописані частини моделі у єдину систему диференціальних рівнянь, застосувавши для інноваційного ефекту оцінку θ через момент випадкової величини.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dY(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta)}{dt} &= (A(t)K_{MA}^V(t)^{\alpha_1} + B(t)K_{OA}^V(t)^{\alpha_2})\theta(t) \\ \frac{dK_{MA}(t)}{dt} &= I(t) - \sum_{j=1}^n \delta_j K_{MAj}(t) \\ \frac{dr(Y, z(K_{eco}(t)))}{dt} &= \frac{dz(K_{eco}(t))}{dt} Y(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta) \\ \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\lambda x} e^{-\frac{\lambda^2 \sigma^2}{2s}} dF(x) &\leq e^{-\frac{\lambda^2 \sigma^2 (s-1)}{2s}} \\ \frac{dK_{MA}(t)}{dt} &\geq 0 \\ \frac{dr(Y, z(K_{eco}(t)))}{dt} &\leq 0 \end{aligned} \right. \quad (9)$$

де

$I(t)$ – інвестиції в необоротні активи за певним цільовим призначенням;

$K_{MA}(t)$ – необоротні активи підприємства;

δ_j – темп амортизації основних засобів певного типу, цей показник можна також інтерпретувати як швидкість оновлення технології, він не повинен перевищувати встановлених законом норм амортизації

$r(Y, z(K_{eco}(t)))$ - показник стану довкілля, що враховує впливи виробництва на навколишнє середовище притаманні для конкретної промисловості.

$Y(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta)$ - обсяг випуску продукції. Виробнича функція від капіталу та інноваційності технології;

θ - випадкова величина інноваційного ефекту,

σ - параметр, який зв'язує декілька інноваційних ефектів, що запроваджуються на фірмі.

Для оцінки ефективності моделі в кожному конкретному випадку необхідно ввести критерій прийняття рішення.

Вводимо модель споживання, що відображає обсяг накопиченого прибутку за встановлений проміжок часу:

$$C(Y(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta), I(t), p(r(K_{eco}), Y)) = \int_0^T ((1 - \nu)Y(K_{MA}^V(t), K_{OA}^V(t), \theta) - I(t) - p(r(K_{eco}), Y))e^{-\rho t} dt, \quad (10)$$

де

ρ – коефіцієнт дисконту;

$p(r(K_{eco}), Y)$ – штраф за перевищення лімітів викидів, що вираховуються з чистого прибутку;

ν – коефіцієнт сукупних середніх витрат на одиницю продукції,

$I(t)$ – інвестиції у розвиток фірми.

Результатом теоретичних досліджень є розроблений програмний продукт, що складається з наступних модулів та забезпечує теоретичну модель необхідними даними:

- Система збору інформації
- Система обчислення показників
- Система апроксимації даних
- Система знаходження розв'язків моделі

· Система візуалізації результатів

В результаті роботи програми, отримуємо функції показників – обсягів випуску продукції, обсяг необоротних коштів та стан навколишнього середовища. При імітації використовуються припущення про те, що розподіл випадкової величини інноваційного ефекту має субгаусівський характер.

В результаті прогонки моделі для різних періодів ми отримали спадну віддачу від впровадження інновацій. Зрозуміло, що для прибуткової діяльності фірми необхідним є безперервний процес впровадження інновацій, проте важливо, щоб частина з них спрямовувалася на покращення стану навколишнього середовища, так як для періоду 20 років ми отримуємо граничне значення обсягу викидів, тобто їх подальше зростання не можливо через обмеження системи.

Висновки

Підсумовуючи результати попереднього дослідження, можна зробити висновок, що основною проблемою моделювання інновацій є брак вхідних даних. Тому врахування фактору невизначеності і ймовірності настання подій є одним з найважливіших питань побудови багатofакторної моделі інноваційного процесу.

Розглядаючи цю проблему на рівні підприємства можна впровадити інформаційну систему, яка б забезпечила збір та обробку необхідної інформації. Результатом моделі є оцінка стратегії роботи підприємства та оцінка його оптимальності.

У зв'язку зі складністю протікання інноваційного процесу та великою кількістю його ефектів, при моделюванні стійкого соціально-економічного розвитку доцільно використовувати випадкові величини з субгаусівським розподілом замість аналітичного представлення певних індексів інноваційних ефектів.

Література

1. Булдігін В.В., Козаченко Ю.В. О субгаусовских случайных величинах/ Украинский математический журнал. –1980. –т.32. –№6.
2. Лір, В.Е. Імітаційне моделювання фінансового забезпечення інноваційних проєктів.//Фінанси України – № 12. – 1997. 79 – 86. ISBN 978-966-379-172-2
3. Краснокутська, Н. В. Інноваційний менеджмент: Навч. посібник. –К.: КНЕУ, 2003. — 504 с. , ISBN 966-574-524-7.

Стаття надійшла до редакції 20.01.2010 року.



ТОВ "ДКС Центр"