

**Потрашкова Л., к.е.н, доцент кафедри комп'ютерних систем і технологій
Харківського національного економічного університету
імені Семена Кузнеця**

АНАЛІЗ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Abstract. In the research methods of mathematical modelling are analyzed on the criterion of their availability for enterprise potential result estimation modelling. It's established that calculation of enterprise potential result estimation should be based on the model of potential activity of enterprise which should be build as discrete optimal control problem (in each variant of environmental conditions). In the article the standard form of this model is represented.

It's shown that formalisation of objective functional and formulas of enterprise resources dynamics in the model of enterprise potential activity should be build on the structured approach based on the logic of "glass box". This approach allows describing the possible enterprise reaction on new variants of parameters of the environment and management activities.

Key words: result estimation of enterprise potential; model of potential activity of enterprise; optimal control problem.

Постановка проблеми. В останні роки відбувається переосмислення теоретичних основ оцінювання потенціалу підприємств. Якщо в стабільному та передбачуваному економічному середовищі для отримання оцінки потенціалу підприємства достатньо було оцінити його наявні ресурси, то з посиленням динамічності та невизначеності умов існування підприємств виникла потреба у застосуванні результатної оцінки потенціалу, яка базується на оцінюванні майбутніх можливих результатів діяльності підприємства. Методика результатної оцінки потенціалу підприємств зараз знаходиться на стадії свого становлення. Різні математичні моделі результатної оцінки потенціалу підприємств пропонуються в роботах І.М. Карапейчика¹, А.Я. Берсуцького², О.С. Біленького³, І.П. Отенко⁴, О.З. Небієридзе⁵ та інших. Але наразі немає загальної картини того, який математичний інструментарій підходить для вирішення яких задач оцінювання потенціалу підприємств.

Виявлена наукова проблема зумовила *мету* даного дослідження: проаналізувати методи математичного моделювання з погляду можливостей їхнього застосування для розрахунку результатної оцінки потенціалу підприємства.

Основний матеріал. Потенціал підприємства – це сформована динамічною системою внутрішніх чинників підприємства його здатність здійснювати свою діяльність в різних умовах зовнішнього середовища.

Управління потенціалом базується на його оцінці. Розрізняють ресурсну та результатну оцінку потенціалу підприємства. Ресурсна оцінка потенціалу характеризує наявні ресурси підприємства. Результатна оцінка потенціалу показує, яких результатів підприємство може досягти при наявних ресурсах в прогнозному періоді в різних умовах зовнішнього середовища.

¹ Карапейчик, І.М. (2010). Оцінка інноваційного потенціалу промислових підприємств: *автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата екон. наук*: 08.00.04. Маріуполь: Приазовський державний технічний університет.

² Берсуцький, А.Я. (2010). Моделі прийняття рішень з управління розвитком ресурсного потенціалу підприємства: *автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора екон. наук*: 08.00.11. Донецьк: Донецький національний університет.

³ Belenky, A.S. (2002). Analyzing the potential of a firm: an operations research approach. *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 35, 13, 1405–1424.

⁴ Отенко, І.П. (2006). Стратегическое управление потенциалом предприятия. Харьков: Изд. ХНЭУ.

⁵ Небиеридзе, А.З. (2008). Разработка механизма оценки производственного потенциала машиностроительного предприятия: *автореф. дис. на соискание учен. степени канд. екон. наук*: 08.00.05. Москва: Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского.

Вважаємо, що для того щоб оцінка потенціалу виступала конструктивною базою прийняття управлінських рішень, методика її розрахунку має відповідати ряду вимог:

А. Оцінка потенціалу повинна характеризувати майбутні результати підприємства, і тому основою для її розрахунку повинна виступати модель потенційної діяльності підприємства.

Б. Оцінка потенціалу повинна відповідати оптимізаційній сутності потенціалу як граничних можливостей підприємства в рамках заданих обмежень. З цього витікає, що відповідна модель потенційної діяльності підприємства повинна бути оптимізаційною, тобто спрямованою на визначення оптимальних результатів, яким відповідають оптимальні керуючі впливи з управління підприємством.

В. Оцінка потенціалу повинна враховувати наявність множини ймовірних варіантів умов зовнішнього середовища. Так як на практиці закон розподілу ймовірностей на множині варіантів умов зовнішнього середовища зазвичай є невідомим, то доцільно відмовитись від стохастичного моделювання на користь побудови множини детермінованих моделей потенційної діяльності підприємства в різних умовах зовнішнього середовища.

Виходячи з наведених вимог, результатною оцінкою $Y(\tilde{x}, \tilde{s})$ потенціалу підприємства при наявних ресурсах \tilde{x} та заданих управлінських рішеннях \tilde{s} виступатиме множина оцінок потенціалу в різних умовах зовнішнього середовища:

$$Y(\tilde{x}, \tilde{s}) = \{y(\tilde{x}, \tilde{s}, z) \mid z \in Z\}, \quad (1a)$$

$$y(\tilde{x}, \tilde{s}, z) = \max_{s \in S} r(\tilde{x}, \tilde{s}, s, z), \quad (1b)$$

де: $y(\tilde{x}, \tilde{s}, z)$ – результатна оцінка потенціалу підприємства в умовах зовнішнього середовища, які описуються вектором параметрів z ;

\tilde{x} – заданий вектор ресурсних характеристик підприємства на початок прогнозного періоду;

s – вектор керованих параметрів діяльності підприємства ($s \in S$, де S – множина допустимих варіантів вектору керованих параметрів);

\tilde{s} – вектор заданих параметрів діяльності підприємства;

z – вектор параметрів зовнішнього середовища в прогнозному періоді ($z \in Z$, де Z – множина ймовірних варіантів вектору параметрів зовнішнього середовища);

$r(\tilde{x}, \tilde{s}, s, z)$ – прибуток підприємства в прогнозному періоді;

$\max_{s \in S} r(\tilde{x}, \tilde{s}, s, z)$ – оцінка максимального прибутку, який здатне отримати підприємство в прогнозному періоді при заданих параметрах умов зовнішнього та внутрішнього середовища;

співвідношення (1b) – модель потенційної діяльності підприємства в умовах зовнішнього середовища z .

Модель (1a)–(1b) відповідає вищенаведеним вимогам (А)–(В). Але вона є статичною, і це може призвести до зниження точності оцінки потенціалу внаслідок неврахування динаміки ресурсів підприємства. Тому необхідно перейти до динамічного варіанту моделі.

З метою врахування оптимізаційної сутності потенціалу та динаміки ресурсів модель потенційної діяльності підприємства (у кожному варіанті умов зовнішнього середовища) необхідно будувати як *оптимізаційну динамічну модель*, тобто як задачу *оптимального управління*, яка містить дві основні складові:

а) співвідношення, що описують динаміку ресурсів підприємства;

б) критерій оптимальності, яким виступає показник майбутнього прибутку, що виступає характеристикою приросту економічного капіталу підприємства.

Існують два основні варіанти постановки детермінованої задачі оптимального управління: безперервний та дискретний. Розглянемо можливості їхнього застосування для побудови моделі потенційної діяльності підприємства:

1. Безперервна задача оптимального управління

Загальна модель потенційної діяльності підприємства у нотації безперервної задачі оптимального управління має такий вигляд (для довільного варіанту умов зовнішнього середовища):

$$\int_0^T r(x, \tilde{s}, s, z) \rightarrow \max_{s(t)}, \quad (2a)$$

$$\dot{x} = d(x, \tilde{s}, s, z), \quad x(0) = \tilde{x}_0, \quad (2b)$$

де: t – змінна часу;
 $s(t)$ – шукана вектор-функція управління;
 $x(t)$ – вектор-функція стану ресурсної системи підприємства;
 $\tilde{s}(t)$ – вектор-функція заданих параметрів діяльності підприємства;
 $z(t)$ – вектор-функція параметрів зовнішнього середовища;
 T – кінцевий момент часу;
 $x = d(x, \tilde{s}, s, z)$ – рівняння динаміки стану ресурсної системи підприємства (функція d вважається безперервною та має похідні по своїх аргументах).

Безперервні моделі оптимального управління широко застосовуються для моделювання макроекономічних систем. Макроекономічними аналогами безперервної моделі потенційної діяльності підприємства є моделі *оптимального економічного зростання*⁶, першою з яких була модель Рамсея.

Основні складові моделей оптимального економічного зростання є такими:

1. Рівняння динаміки факторів виробництва, якими, перш за все, виступають капітал K та труд L (чисельність зайнятих у виробництві).

Типові рівняння динаміки є такими:

$$\frac{dK}{dt} = I(t), \quad L(t) = L_0 e^{nt}, \quad (3)$$

де: $I(t)$ – інвестиції;
 n – темп зростання чисельності робочої сили.

Базовими в усіх моделях макроекономічної динаміки є співвідношення, які зв'язують між собою показники інвестицій, обсягу основного капіталу та випуску (доходу):

$$Y(t) = f(L(t), K(t)), \quad I(t) = Y(t) - C(t), \quad (4)$$

де: $Y(t)$ – випуск національної продукції,
 $C(t)$ – споживання;
 f – неокласична виробнича функція, яка описує залежність максимального обсягу випуску від факторів виробництва (тобто запис $Y = f(L, K)$ є аналогом запису $f(L, K, s) \rightarrow \max_s$, де s – параметри управління виробничими процесами підприємства).

2. Критерій оптимальності.

Типовим критерієм оптимальності в моделях оптимального економічного зростання (наприклад, в моделі Рамсея) виступає дисконтована корисність споживання C :

$$\int_0^{\infty} u(C(t)) \cdot e^{-\delta t} dt \rightarrow \max_{C(t)} \quad (5)$$

де: $u(C)$ – функція корисності споживання (функція є зростаючою, але гранична корисність $u'(C)$ убуває з ростом C та наближається до нуля; при необмеженому збільшенні C функція $u(C)$ наближається до рівня насичення);

δ – норма дисконтування.

3. Управління.

В моделях оптимального економічного зростання типовими керованими параметрами виступають параметри структури розподілу доходу на споживання та накопичення (в моделі Солоу це постійна у часі норма заощаджень та накопичення $s = I/Y$; в моделі максимізації діяльності домогосподарств Рамсея це функція споживання $C(t)$).

Загальна неокласична модель оптимального економічного зростання для агрегованої замкненої економіки з безкінечним горизонтом планування має такий вигляд⁷:

$$\int_0^{\infty} u(c(t)) \cdot e^{-\delta t} dt \rightarrow \max_{c(t)} \quad (6)$$

$$\dot{k} = \varphi(k) - c - nk, \quad k(0) = k_0, \quad 0 \leq c \leq \varphi(k)$$

⁶ Stoleru, L. (1968). *L'équilibre et la croissance économiques, principes de macroéconomie*. Paris: Dunod.

⁷ Интрилигатор, М. (1975). *Математические методы оптимизации и экономическая теория*. Москва: Прогресс.

де: $k = K/L$ – капіталоозброєність праці;
 $c = C/L$ – споживання в розрахунку на одного робітника;
 $y = \varphi(k) = Y/L$ – випуск продукції в розрахунку на одного робітника.

З формул (5) та (6) можна побачити, що моделі оптимального економічного зростання все-таки не є моделями оцінки макроекономічного потенціалу, так як їхній типовий критерій оптимальності не відповідає вимогам до результатного показника потенціалу соціально-економічної системи: результатний показник потенціалу соціально-економічної системи повинен характеризувати такі результати діяльності цієї системи, які в той же час виступають його майбутніми ресурсами⁸.

Безперервні моделі оптимального управління застосовуються і для моделювання *мікроекономічних* систем. Але їхня прогностична спроможність є низкою, так як безперервний характер моделі не відповідає дискретному характеру економічних процесів (це стосується і моделей макроекономічних систем). В економіці облік стану систем та прийняття управлінських рішень здійснюється у дискретні моменти часу, а застосування апарату безперервного аналізу до співвідношень, які є принципово дискретними, може привести до значних помилок⁹. Так, в дослідженні О.Д. Шамровського та С.В. Солодухіна¹⁰ на прикладі показано, що дискретний та безперервний варіанти моделі призводять до якісно схожих результатів тільки у випадку плавного розвитку економічної системи.

II. Дискретна задача оптимального управління

Загальна модель потенційної діяльності підприємства у нотації дискретної задачі оптимального управління має такий вигляд:

$$\sum_{\tau=1}^N r(x_{\tau}, \tilde{s}_{\tau}, s_{\tau}, z_{\tau}) \rightarrow \max_{s \in S} \quad (7a)$$

$$\begin{aligned} x_{\tau+1} &= x_{\tau} + d(x_{\tau}, \tilde{s}_{\tau}, s_{\tau}, z_{\tau}), \\ x_{\tau=0} &= \tilde{x}_0, \quad \tau = 1 \dots N, \end{aligned} \quad (7b)$$

де: t – номер елементарного періоду в рамках прогнозного періоду;
 N – кількість елементарних періодів;
 $r_t = r(x_t, \tilde{s}_t, s_t, z_t)$ – прибуток підприємства в періоді t ;
 x_t – вектор характеристик ресурсів підприємства в періоді t ;
 x_0 – заданий вектор характеристик ресурсів підприємства на початок прогнозного періоду;
 S_t – вектор керованих параметрів діяльності підприємства в періоді t ;
 S – множина допустимих варіантів матриці керованих параметрів $s = (s_1, s_2, \dots, s_p, \dots, s_N)$;
 \tilde{s}_t – вектор заданих параметрів діяльності підприємства в періоді t ;
 z_t – вектор параметрів зовнішнього середовища в періоді t ;
 Z – множина ймовірних варіантів матриці параметрів зовнішнього середовища
 $z = (z_1, z_2, \dots, z_p, \dots, z_N)$;
 $d_t = d(x_t, \tilde{s}_t, s_t, z_t)$ – вектор приросту значень характеристик ресурсів.

Як вже було вказано, постановка задачі у дискретному вигляді є більш прийнятною “для практичних економічних розрахунків”¹¹. Таким чином, модель потенційної діяльності підприємства доцільно будувати у вигляді моделі (7a)–(7b). Таку постановку задачі автором було застосовано для моделювання оцінки маркетингового потенціалу підприємства¹².

Зауважимо, що задача оптимального управління існує не тільки в детермінованій постановці, а й у стохастичній¹³. Але задача стохастичного оптимального управління є придатною для описання

⁸ Потрашкова, Л.В. (2014). Обґрунтування результатного показника сукупного потенціалу підприємства. *Економічний аналіз*, Vol. 16, 2, 157–162.

⁹ Чернышов, С.И. (2013). Корректная модель Харрода и моделирование социально-экономических процессов. *Бизнес Информ*, 11, 105–113.

¹⁰ Шамровский, А.Д., Солодухин, С.В. (2012). Сравнение континуальных и дискретных моделей для односекторных экономических систем. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*, 5, 280–286.

¹¹ Павлов, О.В. (2010). Принятие инвестиционных решений на основе теории оптимального управления дискретными системами. *Проблемы управления*, 4, 27–33.

¹² Potrashkova, L.V. (2014). Enterprise marketing potential modeling taking into account optimizing and dynamic essence of the potential. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, 4, 75–83.

¹³ Бертсекас, Д. (1985). *Стохастическое оптимальное управление: случай дискретного времени*. Москва: Наука.

діяльності підприємств тільки в умовах стохастичної невизначеності, тобто при відомому законі розподілу ймовірності на множині варіантів умов зовнішнього середовища.

Далі проаналізуємо основні групи методів побудови функцій r та d моделі (7a)–(7б):

1. Методи екстраполяційного прогнозування.

Екстраполяційні методи дозволяють виразити результати діяльності підприємства як функцію від фактору часу або від минулих результатів діяльності.

Дана група методів не підходить для побудови функцій r та d внаслідок таких причин:

а) методи екстраполяції призначені для застосування в умовах, коли минулі тенденції продовжуються на перспективу;

б) згідно з методами екстраполяції, даними для розрахунку прогнозних значень результатів діяльності підприємства є минулі значення, які відображають фактичні, а не оптимальні, результати діяльності підприємства.

2. Каузальні методи моделювання.

Каузальне моделювання дозволяє прогнозувати значення результатів діяльності підприємства шляхом побудови економетричних моделей, які описують статистичну залежність між прогнозованими показниками r_t і d_t та пояснюючими факторами. Широко відомим різновидом економетричних моделей є виробничі функції. Використання саме виробничих функцій для цілей оцінки потенціалу підприємства досліджується в роботах І.М. Карапейчика¹⁴. Але недоліком цих методів також є неявне припущення про збереження тенденцій, які спостерігалися у минулому. Тому дані методи також не дозволяють виконати важливі вимоги до оцінки потенціалу підприємства: врахування наявності множини варіантів умов зовнішнього середовища та множини варіантів керуючих впливів. Методи економетрії можуть застосовуватися для описання окремих елементів діяльності підприємства, структура яких слабо піддається формалізації.

3. Методи змістовного (структурного) моделювання, засновані на логіці “прозорого ящика”.

Змістовне моделювання базується на розкритті механізму, логіки, структури досліджуваних явищ. Саме ця група методів дозволяє описати реакцію підприємства на нові варіанти параметрів зовнішнього середовища та нові варіанти управлінських дій, – що є необхідним при моделюванні потенціалу підприємства. Згідно з цим підходом, функції r та d визначатимуться на основі нормативів та методик розрахунку множини різноманітних показників діяльності підприємства.

Висновки. Проведений аналіз показав, що основою для розрахунку результатної оцінки потенціалу підприємства повинна виступати модель потенційної діяльності підприємства, яку необхідно будувати як дискретну задачу оптимального управління (у кожному варіанті умов зовнішнього середовища). Така модель дозволяє врахувати оптимізаційну сутність потенціалу та динаміку ресурсів підприємства. В моделі потенційної діяльності підприємства для формалізації цільового функціоналу та співвідношень динаміки ресурсів більш придатним (у порівнянні з екстраполяційними та каузальними методами) є змістовний підхід, який відповідає логіці “прозорого ящику”. Такий підхід дозволяє описати можливу реакцію підприємства на нові варіанти параметрів зовнішнього середовища та нові варіанти управлінських дій.

Подальші розробки за темою дослідження ведуться у напрямку створення та практичного впровадження цілісної системи моделей оцінки сукупного потенціалу підприємства.

References

1. Karapeichyk, I.M. (2010). Otsinka innovatsiinoho potentsialu promyslovykh pidpriemstv: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kandydata ekon. nauk: 08.00.04. Mariupol: Pryazovskiy derzhavnyi tekhnichnyi universytet.
2. Bersutskiy, A. Ya. (2010). Modeli pryiniattia rishen z upravlinnia rozvytkom resursnoho potentsialu pidpriemstva: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia doktora ekon. nauk: 08.00.11. Donetsk: Donetskyy natsionalnyi universytet.
3. Belenky, A. S. (2002). Analyzing the potential of a firm: an operations research approach. *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 35, 13, 1405–1424.

¹⁴ Карапейчик, И.Н., Логутова, Т.Г. (2010). Проблема оценки инновационного потенциала предприятия и опыт ее решения на примере ОАО «Азовмаш». *Вестник НТУ «ХПИ»: Технічний прогрес та ефективність виробництва*, 58, 102–114.

4. Otenko, I. P. (2006). *Strategicheskoe upravlenie potentsialom predpriyatiya*. Harkov: Izd. HNEU.
5. Nebieridze, A. Z. (2008). Razrabotka mehanizma otsenki proizvodstvennogo potentsiala mashinostroitel'nogo predpriyatiya: avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. ekon. nauk: 08.00.05. Moskva: Rossiyskiy gosudarstvennyy tehnologicheskii universitet imeni K. E. Tsiolkovskogo.
6. Stoleru, L. (1968). *L'équilibre et la croissance économiques, principes de macroéconomie*. Paris: Dunod.
7. Intriligator, M. (1975). *Matematicheskie metody optimizatsii i ekonomicheskaya teoriya*. Moskva: Progress.
8. Potrashkova, L.V. (2014) Obgruntuvannia rezultatnoho pokaznyka sukupnoho potentsialu pidpriemstva. *Економічний аналіз*, Vol. 16, 2, 157–162.
9. Chernyishov, S.I. (2013). Korrektnaya model Harroda i modelirovanie sotsialno-ekonomicheskikh protsessov. *Biznes Inform*, 11, 105–113.
10. Shamrovskiy, A.D., Soloduhin, S.V. (2012). Sravnenie kontinualnykh i diskretnykh modeley dlya odnosekturnykh ekonomicheskikh sistem. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dizainu*, 5, 280–286.
11. Pavlov, O.V. (2010). Prinyatie investitsionnykh resheniy na osnove teorii optimal'nogo upravleniya diskretnymi sistemami. *Problemy upravleniya*, 4, 27–33.
12. Potrashkova, L.V. (2014). Enterprise marketing potential modeling taking into account optimizing and dynamic essence of the potential. *Marketynh i menedzhment innovatsii*, 4, 75–83.
13. Bertsekas, D. (1985). *Stokhasticheskoe optimalnoe upravlenie: sluchay diskretnogo vremeni*. Moskva: Nauka.
14. Karapeychik, I.N., Logutova, T.G. (2010). Problema otsenki innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya i opyt ee resheniya na primere OAO «Azovmash». *Vestnik NTU «HPI»: Tekhnichniy prohres ta efektyvnist vyrobnytstva*, 58, 102–114.