

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕВОЛЮЦІЙНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ СТРАТЕГІЙ В МОДЕЛІ МІЖГАЛУЗЕВОГО БАЛАНСУ

канд. екон. наук **В.М. Кобець**  
*Херсонський державний університет*

Підвищення різноманітності популяції (рішень інвесторів) досягається за допомогою еволюційного алгоритму знаходження часток капіталовкладень для всіх інвесторів, окрім найуспішнішого за критерієм прибутку, що стимулює інвесторів до інновацій у їх інвестиційних стратегіях. Зменшення різноманітності популяції шляхом відбору найуспішніших інвесторів за критерієм прибутку і фіксування їх часток капіталовкладень, стимулює до Еволюційні стратегії, як правило, застосовуються до числової оптимізації як швидкий і добрий оптимізатор для дійсних чисел, особливість якого – самоадаптація шляхом мутації параметрів [1].

Поява динамічного середовища звичайно веде до того, що система більше не піддається аналітичному розв'язку. Числові симуляції мультиагентних систем формують альтернативу аналітичному підходу, оскільки є набагато гнучкішими в дослідженні поведінки економічної системи. Вони дозволяють вивчати вплив розміру сукупності інвесторів й ефектів динамічного середовища на формування еволюційних стратегій та їх ефективність. Різні припущення можуть робитися щодо факторів відбору та інноваційних механізмів (випадкові мутації технологічних коефіцієнтів, детерміністичні тренди для найефективніших інвесторів, рекомбінація стратегій) й обмеженої раціональності агентів (звички, імітація) [2]. Системи з *ендогенними* змінними (на відміну від *екзогенних*) породжують системи зі складним оберненим зв'язком [3].

Мета роботи – порівняти, як за допомогою еволюційних алгоритмів адаптуватимуться стратегії інвесторів, спрямовані на максимізацію їх прибутків, до зміни технологічних взаємозв'язків між галузями в умовах недовсконалої інформації.

Завдання інвестора – визначити, яку частку своїх капіталовкладень кожен інвестор має вкладати в галузі економіки в поточний період, щоб отримати максимальний прибуток в умовах невизначеності в наступний період.

Інвестор адаптує свою поточну стратегію, що залежить від початкових умов (історії). Функція прибутку кожного інвестора показує, яка з двох стратегій виживатиме і поширюватиметься – стратегія лідера, який у поточному періоді має найбільший прибуток і *не змінюватиме* своїх часток інвестування, чи стратегія послідовника, який імітує найуспішніші стратегії

інших інвесторів і змінює свої частки інвестування. Отже, алгоритм адаптації стратегій інвесторів [4] до зміни технологічних взаємозв'язків включає 8 кроків (рис. 1):

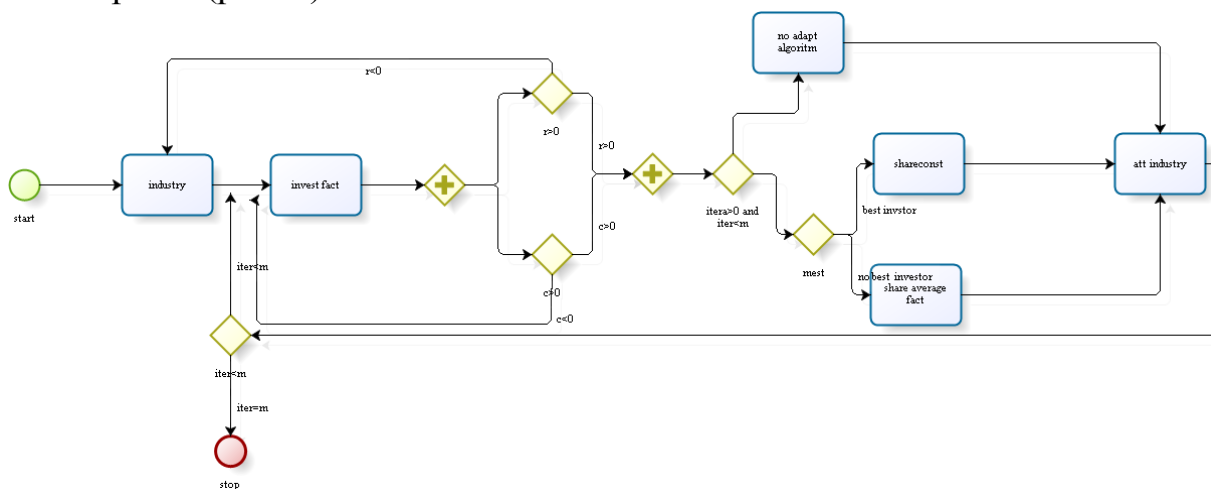


Рис. 1. Алгоритм адаптації інвестиційних стратегій

### 1. Ініціалізація галузей

В економіці країни діє  $n$  галузей. Для аналізу інвестиційної привабливості галузей у початковому періоді  $t =$  вводиться матриця технологічних коефіцієнтів  $A_0 =$  ,  $i, j =$  , яка описує взаємозв'язки між усіма галузями, і матриця кінцевого попиту  $Y$  на продукцію всіх галузей.

### 2. Обчислення валового випуску

За допомогою методу «витрати-випуск» обчислюється валовий випуск продукції кожної галузі:  $X_0 =$  , і визначається валовий випуск усієї економіки країни за рік  $X_0 = \sum_{i=}$  .

### 3. Ініціалізація інвесторів

В країні є  $m$  інвесторів, число яких не змінюється протягом всіх симуляцій. У початковому періоді існує егалітарний розподіл усіх доходів між інвесторами, кожен із них володіє однаковим початковим обсягом коштів  $I_k^{(0)} = \frac{v}{m}$  ,  $k =$  для формування власного інвестиційного портфелю. Загальна сума коштів у інвесторів  $I_0 = \sum_{k=}$  дорівнює валовому випуску країни  $X_0$ . Кожен інвестор застосовує одну стратегію за період, число активних стратегій дорівнює кількості інвесторів.

### 4. Початковий розподіл інвестицій за галузями

Кожен інвестор може інвестувати весь свій дохід в одну або декілька галузей. Вектор їх інвестиційних стратегій – невід'ємний. Якщо сума інве-

стицій – однакова у декількох інвесторів, то право на черговість капіталовкладень визначається випадково.

#### 5. Зміни технологій виробництва

У загальному випадку зміна виробничих коефіцієнтів визначається заміною одного вектору виробничих коефіцієнтів на інший. Кожен вектор формується незалежно і випадково з однорідного розподілу.

#### 6. Обчислення прибутку інвесторів

Для періоду  $t =$  , починаючи з першої галузі, визначається інвестор, який вклав найбільшу суму в дану галузь. Застосовується наступна умова для розрахунку прибутку для найбільшого інвестора (для визначеності - першого) в галузь  $j$  :

#### 7. Визначення еволюційної стратегії

Решта інвесторів, прибуток яких від інвестицій виявиться нижчим, ніж у найефективнішого інвестора, прагнуть досягнути, а в перспективі і перевершити його результат.

Для цього вони застосовують наступну еволюційну стратегію:

1) обчислюються частки інвестованих коштів для всіх інвесторів по всім галузям;

2) другий за величиною прибутку інвестор для кожної галузі, в яку він інвестував, за критерієм прибутку визначає двох найуспішніших інвесторів у цю галузь (серед них може бути і він). Після чого він обчислює середню з-поміж цих часток.

У ході експерименту для еволюційна динаміка інвестиційних стратегій описується наступними графіками (вісь  $x$  – час,  $y$  – динаміка показника):

1. Варіація рентабельності галузей (зумовлена зміною виробничих коефіцієнтів).

2. Середня ефективність всіх стратегій кожного інвестора за критерієм прибутку для порівняння найкращих результатів між двома типами стратегій інвесторів – лідера та імітаторів.

3. Коефіцієнт Джині (розподіл прибутку між фіксованою кількістю інвесторів після завершення основної фази симуляції).

4. Динаміка коваріації між інвестиціями та прибутком. Показує як змінюється кореляція між цими показниками щоразу як починаються зміни у виробничих коефіцієнтах.

Прикладний додаток *Інвестиційна Стратегія* демонструє результати двох конкуруючих стратегій: лідерської, за якої частки інвестицій не змінюються і послідовницької, за якої імітуються стратегії двох найбільш ефективних інвесторів. Результати представлені у вкладках *Calculation*, *Profit Dynamics*, *Profitability Dynamics*. Рис. 2 показує результати для 100 експериментальних періодів (відповідає 100 рокам).

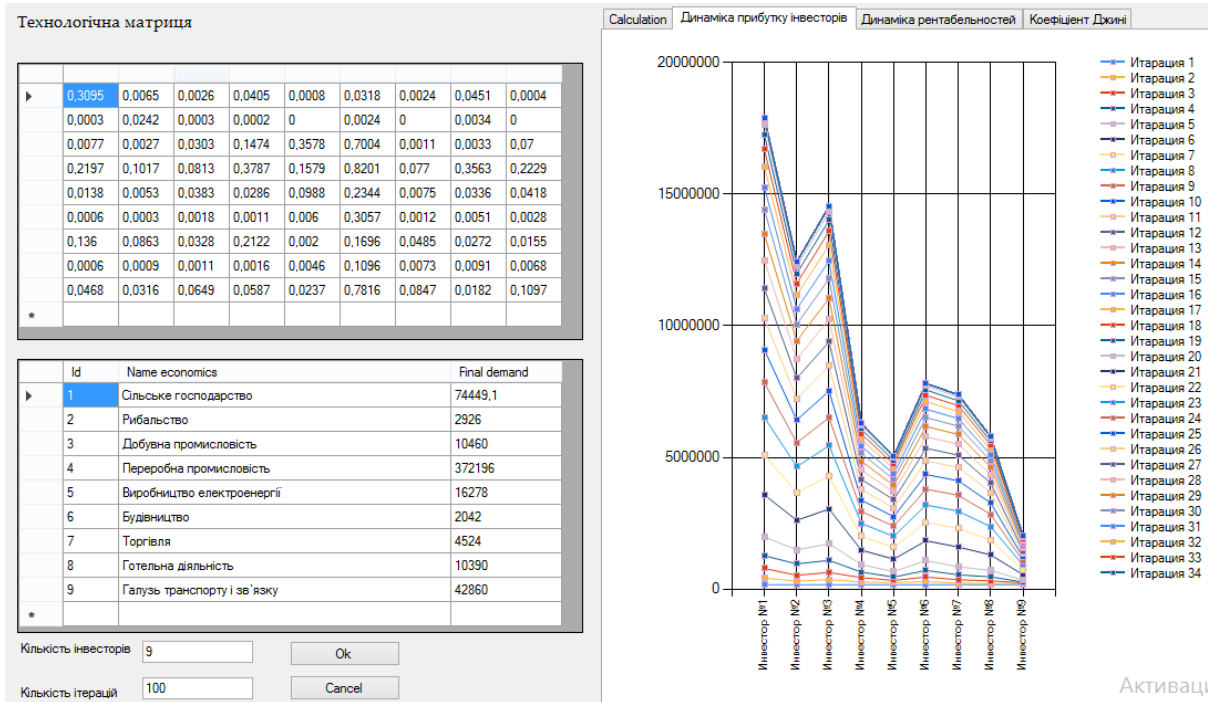


Рис. 2. Програмний додаток *Інвестиційна Стратегія*

Інвестор з найбільшим фондом має право робити капіталовкладення в найбільш прибутковій галузі. Якщо технологічні коефіцієнти матриці у середньому збільшуються (це призводить до скорочення рентабельності), то всі інвестори за виключенням першого майже не мають шансів за допомогою еволюційних алгоритмів бути ефективнішим, ніж найбільший інвестор (рис. 3).

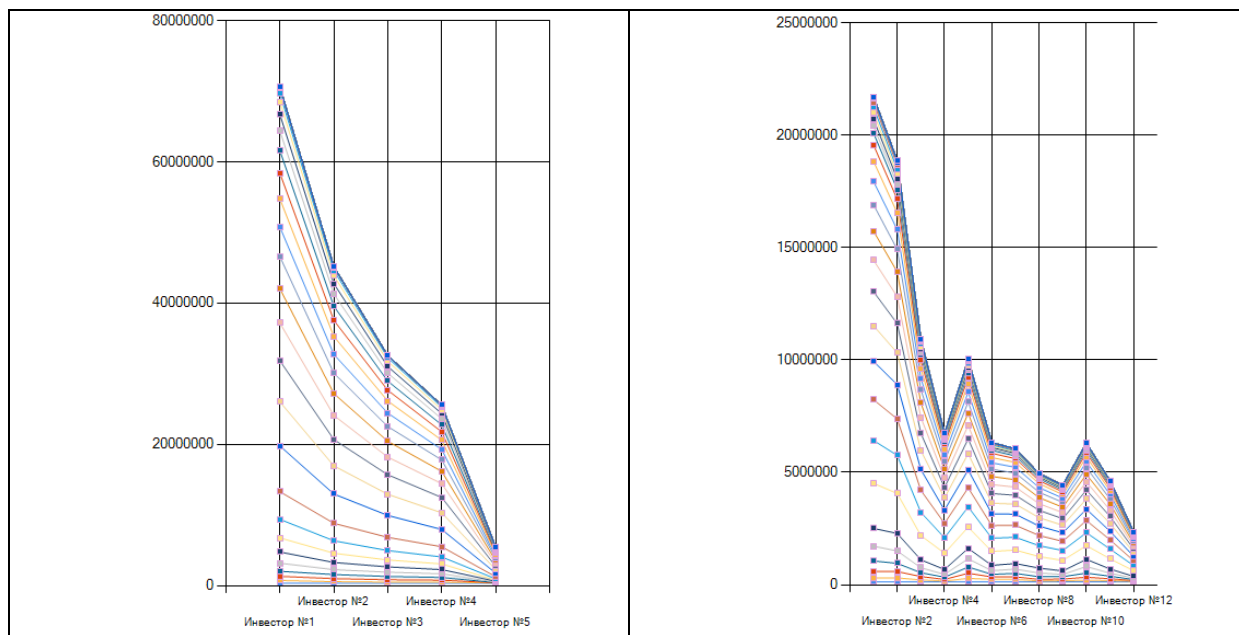


Рис. 3. Програмний додаток *Інвестиційна Стратегія* для 5, 8, 9 і 10 інвесторів

Чим більше інвесторів, тим більше шансів досягнути найкращих результатів іншим інвестором (рис. 4).

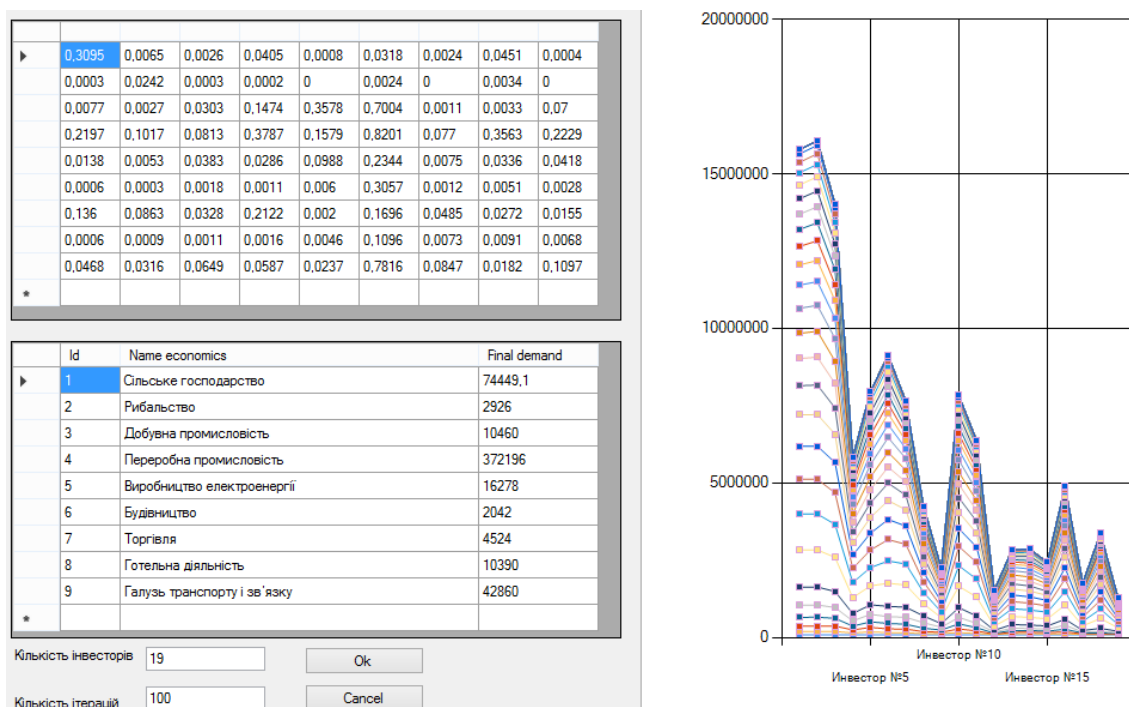


Рис. 4. Ефективність еволюційного алгоритму 11 інвесторів

Другий інвестор стає лідером замість першого інвестора (рис. 4), що підтверджує ефективність еволюційного алгоритму для більшої кількості інвесторів.

Еволюційні інвестиційні стратегії були розроблені для адаптації розподілу інвестиційних фондів до технологічних змін галузей економіки. Запропонований еволюційний алгоритм (ЕА) обирає оптимальну комбінацію частки інвестицій у різні галузі для покращення віддачі від інвестицій. В нашому експерименті ми застосовуємо статистичні дані з офіційних джерел [5] для перевірки ефективності запропонованої інвестиційної стратегії. Ми одержали, що інвестиційна стратегія із застосуванням ЕА для навчання інвесторів як підвищити свій прибуток у порівнянні з інвесторами, в яких кращі стартові можливості.

Програмний додаток Інвестиційна стратегія після проведення численних експериментів виявив наступну закономірність: після підвищення технологічних коефіцієнтів нижче, ніж стратегія лідера з незмінними частками інвестування в галузі. На відміну від цього, при зниженні технологічних коефіцієнтів ЕА ефективніші за стратегію лідера. Чим більше інвесторів, тим ефективнішим є ЕА для збільшення віддачі від інвестиційних стратегій в моделі міжгалузевого балансу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Eiben, E.: Introduction to Evolutionary Computing. Computing book in natural computing series (2003). DOI: 10.1007/978-3-662-05094-1
2. Nannen, V., Bergh, J., Eiben, A.E.: Impact of environmental dynamics on economic evolution: A stylized agentbased policy analysis. Technol. Forecast. Soc. Change 80, 329-350 (2013), DOI:10.1016/j.techfore.2012.08.013
3. Zhang, J., Maringer D.: Using a Genetic Algorithm to Improve Recurrent Reinforcement Learning for Equity Trading. Computational Economics 4(47), 551-567 (2016).
4. Kobets, V., Poltoratskiy, M. Using an Evolutionary Algorithm to Improve Investment Strategies for Industries in an Economic System (2016), CEUR Workshop Proceedings, vol. 1614, PP. 485-501 (Indexed by: Sci Verse Scopus, DBLP, Google Scholar).
5. Kobets, V.: Direct and Indirect Impact Analysis of Ukrainian Industries on Gross Output and Labor Market in Leontief Model. In: Ermolayev, V. et al. (eds.) Proc. 8-th Int. Conf. ICTERI 2012, Kherson May 22, 2012, CEUR-WS.org/Vol-848, ISSN 1613-0073, pp.259--266, online CEUR-WS.org/Vol-848/ICTERI-2012-CEUR-WS-Volume.pdf

## ВНУТРЕННИЙ МАРКЕТИНГ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА

**канд. экон. наук Г.Т. Медведева**

*Брестский государственный технический университет*

В современной экономической системе Республики Беларусь сложно найти сферу деятельности, развитие которой шло динамично, устойчиво, не было бы подвержено воздействию как внешних, так и внутренних негативных факторов. Сфера высшего образования не является исключением из этой общей тенденции. Недостаток финансирования, снижение численности потенциальных абитуриентов, прежде всего тех, кто обучается на платной основе, приводит к определенным проблемам в обеспечении высокого уровня технической оснащенности учреждений высшего образования. В такой ситуации необходимо основное внимание уделять «мягкой» составляющей процесса обучения – человеческому фактору, маркетингу персонала.

Маркетинговая деятельность стала неотъемлемой частью функционирования субъектов хозяйствования в практически любой сфере деятельности. Высшее образование – та область деятельности, где основным предметом купли-продажи выступают профессиональные образовательные услуги. Предложение образовательных услуг на рынке достаточно изменчиво. Однако общая тенденция развития рынка данного вида услуг свидетельствует об устойчивой тенденции роста предложения. Так, за последние десять лет контингент студентов в Республике Беларусь вырос в 1,75 раза, численность основного штатного персонала возросла в 1,29 раз. Конкуренция между ВУЗами все более обостряется, что ведет к необходимости использования все более современных методов привлечения потребителя, в данном случае – абитуриента и студента. Маркетинг образовательных ус-