

ЕФЕКТИВНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ У ВИРІШЕННІ БАГАТОЕКСТРЕМУМНИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ В МЕНЕДЖМЕНТІ КОНКУРЕНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Науменко Максим Анатолійович

Кандидат економічних наук

Заступник директора з питань фінансів

Благодійний фонд "Юкрейніанстугезер, Україна

Краснюк Максим Тарасович

Кандидат економічних наук, Доцент

Кафедра інформаційних систем в економіці

Київський національний економічний університет

імені Вадима Гетьмана, Україна

Анотація. Інноваційне управління корпораціями і компаніями зокрема і завдяки ефективному використанню сучасних методів вирішення оптимізаційних задач – важливий підхід для компаній у напрямку досягнення їх системного сталого розвитку та підвищення конкурентоздатності [1-6]. Оперативне вирішення складних оптимізаційних задач на всіх рівнях менеджменту – не тільки підвищують ефективність менеджменту корпорацій та компаній [7], але є незамінним у контексті кризових явищ на ринках, що розвиваються.

Математична оптимізація – це важлива галузь прикладного економіко-математичного моделювання, яка вивчає методи і алгоритми для вибору найкращого рішення зі всіх можливих варіантів в умовах обмежень. Наслідки оптимізації можуть застосовуватися в багатьох галузях, таких як макро-економіка, фінанси, менеджмент підприємств, інженерія тощо.

У статті розглядаються концептуальні особливості вирішення актуальної проблеми ефективного вирішення складних оптимізаційних задач (неопуклість цільової функції, її перервність, динамічність та стохастичність, а не просто багатоекстремальність) в управлінні корпорацією та підприємством з метою підвищення ефективності та конкурентоздатності корпорацій та підприємств в умовах кризових явищ.

Запропоновані науково-практичні результати рекомендовані до впровадження на підприємствах та компаніях не тільки в умовах України [8, 9], але для інших країн в умовах локальних та глобальних кризових явищ [10].

Ключові слова: управління підприємством, математична оптимізація, генетичні алгоритми, оптимальність, ефективність, конкурентоздатність



ВСТУП

Еволюційні алгоритми - напрям в штучному інтелекті (розділ еволюційного моделювання), який використовує і моделює біологічну еволюцію. Розрізняють наступні синоніми: генетичні алгоритми, еволюційне програмування, еволюційні стратегії, системи класифікаторів, генетичне програмування. Всі вони моделюють базові положення в теорії біологічної еволюції - процеси відбору, мутації і відтворення. Поведінка агентів визначається довкіллям. Безліч агентів прийнято називати популяцією. Така популяція еволюціонує відповідно до правил відбору у відповідності з цільовою функцією, що задається навколишнім середовищем. Таким чином, кожному агенту (індивідууму) популяції призначається значення його придатності в довкіллі. Розмножуються лише найбільш придатні види. Рекомбінація і мутація дозволяють змінюватись агентам і пристосовуватися до середовища. Такі алгоритми відносяться до адаптивних пошукових механізмів.

Моделювання еволюції можна розділити на дві категорії:

1. Системи, які використовують спрощені еволюційні принципи. Вони успішно використовувалися для завдань типу функціональної оптимізації і можуть легко бути описані на математичному мовою. До них відносяться еволюційні алгоритми, такі як *Еволюційне програмування, Генетичні алгоритми, Еволюційні стратегії, Генетичне програмування*.

2. Системи, які є біологічно більш реалістичними, але які не виявилися корисними в прикладному сенсі. Вони більше схожі на біологічні системи і менш направлені на вирішення технічних завдань. Вони мають складний і цікавим поведінкою, і, мабуть, незабаром отримають практичне застосування. До цих систем відносять так звану штучне життя.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Вперше штучні генетичні алгоритми розробив Джон Х. Холланд (John H. Holland) у 1960-ті рр. Наступним напрямком були роботи Растрігіна Л.А. в 70-х роках, які розвинула Букатова І.Л. Великий вклад в розвиток еволюційного програмування внесли: Неймарк Ю.И., Фогел, Уолш. За значної різниці у підходах, кожна із згаданих шкіл, фактично взяла за основу базові природні принципи, і спростила їх для використання в сфері комп'ютерних технологій.

Деякі дослідники критикували зазвичай швидку збіжність генетичних алгоритмів, заявляючи, що випробування величезних кількостей перехресних шим вимагає більшої вибірки і більш повільної, більш керованою збіжності. У той час як збільшити вибірку шим можна збільшивши розмір популяції (Goldberg, Deb, і Clark; Mahfoud і Goldberg), проте ефективна методологія управління збіжністю простого генетичного алгоритму до цих пір не вироблена.

Проте не лише актуальне питання ефективного, доречного та вибіркового використання всієї множини сучасних методів математичної оптимізації в інноваційному менеджменті, а й більш прикладне, науково-практичне завдання визначення специфіки та підвищення ефективності використання таких інструментів для підвищення ефективності та конкурентоздатності корпорацій та підприємств в умовах кризових явищ - залишилися невирішеними.

МЕТА СТАТТІ (ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ)

Метою даного дослідження є не лише комплексне вивчення сучасної технології до вирішення актуальних складних оптимізаційних задач в управлінні корпораціями та підприємствами – генетичних алгоритмів, але і визначення специфіки та підвищення ефективності та вибірковості/спрямованості використання такої технології корпораціями та компаніями для підвищення загальної ефективності, конкурентоздатності та стійкості в кризових умовах.

ОСНОВНА ЧАСТИНА.

З математичної точки зору генетичні алгоритми - послідовність керуючих дій та операцій, яка моделює еволюційні процеси на основі аналогів механізмів генетичного наслідування та природного відбору, при цьому зберігається біологічна термінологія у спрощеному вигляді. Тобто це різновид методів оптимізації, що об'єднує риси стохастичних і детермінованих оптимізаційних алгоритмів [11, 12].

ГА не єдиний спосіб вирішення задач оптимізації. Також існують ще два основних підходи:

- перебірний (найбільш простий в програмуванні, однак потребує значного часу та потужності ТЗ);
- локально-градієнтний (працює швидко, однак не гарантує оптимальності знайденого рішення. Отже ідеальні для унімодальних задач).

Однак практичні задачі, як правило є мультимодальними та багатомірними. Саме тому найоптимальнішою технікою може бути комбінування переборного та градієнтного методів – що і становить ГА (оператори схрещування та мутації певним чином реалізують переборну методологію, а механізм елітизму з оператором селекції - градієнтну).

Нехай існує деяка цільова функція від багатьох змінних, у якої необхідно знайти глобальний максимум або мінімум:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Де незалежні змінні $x_1, x_2, \dots, x_n$ - і будуть виступати хромосомами. Для цього значення цих змінних треба закодувати: або в двійковому форматі, або у форматі із плаваючою комою.

Найбільш добрі результати дає кодування хромосом у двійковому форматі, однак у цьому разі прийдеться весь час проводити кодування/декодування генів. Отже, у випадку двійкового кодування використовується n біт для кожної змінної (параметра). Якщо цей параметр може змінюватися між мінімальним $\min$ та максимальним значенням $\max$, то пропонується використовувати наступні формули перетворення:

$$d = \frac{b(\max - \min)}{(2^n - 1)} + \min$$
$$b = \frac{(d - \min)}{(\max - \min)(2^n - 1)}$$

де d – значення змінної у двійковому форматі, а b – у форматі із плаваючою комою.



Хромосома – це вектор з нулів та одиниць, кожна позиція (біт) якого називається геном.

Особа (індивід) – складається з набору хромосом, які є певним варіантом рішення задачі (в нашому випадку індивідом є певний набір незалежних змінних x_1-x_n функції F).

Пошук оптимального рішення за допомогою генетичних алгоритмів починається з уявлення деякого випадкового набору початкових рішень, у виді векторів - "хромосом", які утворюють початкову популяцію [13].

Продовжуючи аналогію з генетичними механізмами реального світу, "дочірнє" рішення може породжуватися одним або двома "батьками", наслідуючи риси обох внаслідок операції схрещування, що є головною генетичною операцією (яка фактично складається із трьох підоперацій: селекція, потім схрещування і репродукція). Доля нащадків, що виробляються на кожній ітерації, називається коефіцієнтом схрещування. Добуток коефіцієнта схрещування на розмір популяції показує кількість нащадків. Велике значення цього коефіцієнту дозволяє дослідити більше областей простору пошуку, і зменшує шанс попадання в локальний мінімум. Але якщо його значення дуже велике, це приводить до великих витрат часу обчислень на дослідження безперспективних областей.

Проте (і це, мабуть, найважливіше), нові покоління копіюють властивості попередників неточно. Присутній спеціальний фоновий механізм мутації, що додає випадкові перекручування. Механізм мутації періодично розширює базу для селекції, не дозволяючи процесу вироджуватися. Найпростішим варіантом мутації є інверсія одного чи більше випадкових генів. В генетичних алгоритмах мутація відіграє важливу роль для відновлення генів, які випали з популяції в ході операції вибору, так що вони можуть бути спробувані в нових комбінаціях, формуванні генів, які не були представлені у вхідній популяції. Інтенсивність мутацій визначається коефіцієнтом мутації. Він представляє собою частку генів, які підлягають мутації на даній ітерації в розрахунку на їх загальну кількість. Дуже мале значення цього коефіцієнту призводить до того, що багато генів, які могли бути корисними, ніколи не будуть розглянуті. В той же час дуже велике значення цього коефіцієнту приведе до великих випадкових обурень. Нащадки перестануть буди схожими на батьків, і алгоритм втратить можливість навчатись, зберігаючи нащадкові ознаки.

Модель зовнішнього світу при реалізації генетичних відсутня. Реакція зовнішнього світу заміняється заздалегідь заданою цільовою функцією, що дозволяє порівнювати якість отриманих рішень.

Для кожної хромосоми (тобто варіанта вирішення оптимізаційної задачі) обчислюється значення функції якості, після чого визначений відсоток найгірших рішень знищується, а найкращих - схрещується (механізм елітизму). Ймовірність участі індивіда у процесі розмноження звичайно обраховується по формулі:

$$P_j = \frac{F_j}{\sum_{j=1}^m F_j}$$

де, m – розмір популяції, j – номер індивіда в популяції, P_j - ймовірність участі

індивіда в процесі подальшої репродукції, F_j - значення цільової функції для j - го індивіда (набору незалежних змінних).

Через декілька ітеративних поколінь значення функції якості перестає поліпшуватися. Це означає, що виведене сімейство рішень, які щонайкраще задовольняють заданим критеріям. Залишається тільки "розшифрувати" генетичний код підсумкових рішень і перекласти їх у звичний для розроблювача вид.

Критерієм зупинки ГА може бути:

- формування заданої користувачем кількості поколінь;
- досягнення популяції заданої користувачем якості (наприклад, значення ікості всіх індивідумів перевищело встановлений поріг);
- індивідуми популяції стали настільки подібними, що подальше їх покращення відбувається дуже повільно.

На рис. 1 відображена схема процесу роботи генетичного алгоритму.

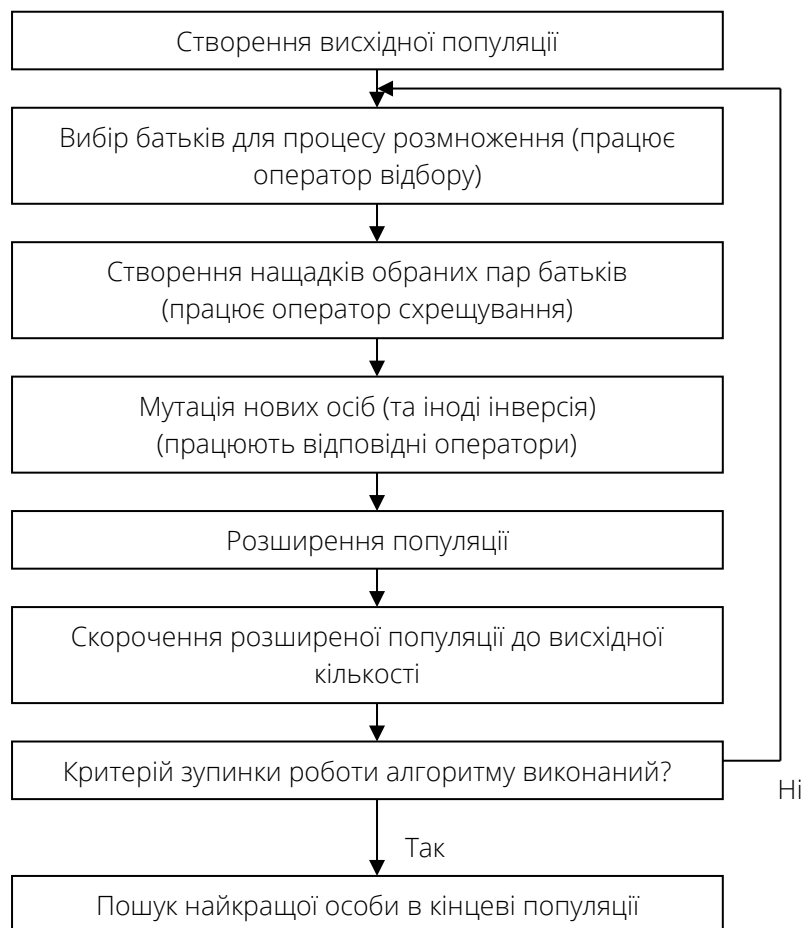


Рис. 1. Схема процесу роботи генетичного алгоритму

Можна виділити 2 основні переваги генетичних алгоритмів над традиційними оптимізаційними методами:

- генетичний алгоритм не висуває значних математичних потреб до видів цільових функцій та обмежень. Дослідник не повинен спрощувати модель об'єкту, гублячи її адекватність, і штучно добиваючись можливості застосування



доступних математичних методів. При цьому можуть використовуватись різноманітні цільові функції та види обмежень, визначені на дискретних, неперервних та змішаних універсальних множинах;

- при використанні класичних крокових методик глобальний оптимум може бути знайдений тільки в тому випадку, коли проблема має якість опуклості. В той же час еволюційні операції генетичних алгоритмів дозволяють ефективно відшукувати глобальний оптимум.

Певною складністю є:

- не завжди можна точно визначити цільову функцію, особливо при вирішенні економічних задач;

- проблема налагодження основних параметрів алгоритму, тому необхідно при невдалих результатах експериментів „пограти” параметрами. (Наприклад: якщо оператору селекції задати надто „жорстку” умову, то є значний шанс „на корню” знищити предка можливого найкращого рішення. У біології доведено, що при надто малій кількості залишкової популяції рідкого виду тварин – цей вид зникне сам по собі через виродження).

Отже, генетичні алгоритми доцільно використовувати у 2 основних областях:

- вирішення комбінаторних задач великої розмірності, оптимізації моделей з неперервними та дискретними параметрами;

- для гібридного використання у системах видобування даних, для навчання нейронних мереж та взагалі отримання висхідних даних для роботи інших алгоритмів пошуку та оптимізації. (Використання ГА для побудови нейронної мережі передбачає результатом на виході ГА – кількість прихованих шарів нейронів, кількість нейронів в кожному прихованому шарі, значення ваг входів всіх нейронів, функції активації нейронів.)

ВИСНОВКИ.

Конкурентоздатні корпорації, компанії та підприємства повинні використовувати максимально весь комплекс сучасних методів і алгоритмів оптимізації всіх задач на оперативному, тактичному і стратегічному рівнях для підтримки своєї ефективності в умовах локальних і глобальних кризових явищ, лібералізації ринку, глобалізації, зростання конкуренції, зниження лояльності споживачів, подальшого розвитку Інтернет-технологій [14] та Big Data [15-17]. Саме у вищеперерахованих умовах актуальним методом оптимізації є використання генетичних алгоритмів (наприклад, для вирішення оптимізаційних задач логістики та управління запасами, оптимізація мережевого рітейлу, оптимізація виробництва, оптимізація управління фінансовими ресурсами тощо).

Викладений підхід є евристичним [18], тобто показує гарні результати на практиці, але погано піддається детермінованому теоретичному дослідженню та однозначному обґрунтуванню. Отже, генетичні алгоритми представляють собою клас доволі універсальних методів оптимізації для вирішення задач різних типів (транспортна задача, задача на складання розкладу, бюджету, порядкова задача, задача оптимального групування тощо) і різної ступені складності [19, 20].

Проміжним висновком з цих досліджень є те, що найбільш ефективні конфігурації еволюційної оптимізації залежать, головним чином, від характеристик оптимізаційної задачі, таких як розмір простору параметрів, складність обчислення фітнес функції тощо.

При вирішенні багатьох задач у економіці та техніці актуальною є проблема знаходження глобального оптимуму цільової функції в багатовимірному просторі керованих змінних. Всі оптимізаційні методи використовуються для знаходження екстремальних значень функцій і відповідних їм значень незалежних змінних. Традиційні методи багатовимірної оптимізації є методами локального пошуку, спільно залежать від вибору початкової точки пошуку та накладають додаткові обмеження на властивості цільової функції оптимізації. Тому для вирішення оптимізаційних задач, що виникають при вирішенні практичних задач прогнозування, класифікації, діагностування, розпізнавання, доцільним є використання еволюційних методів, які є методами стохастичної оптимізації й поєднують комп'ютерні методи моделювання еволюційних процесів у природних і штучних системах.

Авторами також стверджується, що саме гібридні та soft-computational методи оптимізації, можуть продемонструвати максимальну ефективність у задачах оперативної оптимізації в умовах Великих Даних та задачах високої розмірності.

При чому, використання цього класу методів оптимізації дозволяє утримувати придатний баланс між дослідженням простору рішень і експлуатацією найкращого рішення; дозволяє ефективний полікритеріальний пошук у просторі з ландшафтом будь-якої складності (зокрема і в неопуклих умовах), в динамічних та, іноді навіть, стохастичних умовах постановки задачі оптимізації, в умовах перервної цільової функції. Всі ці перераховані складності відповідають не просто кризовим макроекономічним умовам, а умовам змішаної мультимодальної кризи (що, на жаль, наразі спостерігається в Україні).

Таким чином, варто використовувати генетичні алгоритми для вирішення (іноді приблизного) дуже складних комбінаторних задач за відносно малий час в ускладнених умовах постановки задачі математичної оптимізації.

References:

- [1] Palyvoda O. O., Seliverstova, O. S. (2017). Upravlinnia innovatsiynym rozvytkom promyslovosti u krainakh Yevropeiskoho Soiuzu na osnovi formuvannia klasternoї infrastruktury [Management of innovative development of industry in the countries of the European Union based on the formation of cluster infrastructure]. *Naukovyi visnyk Polissia*. 1(1(9)). 185–191. [In Ukrainian].
- [2] Olena Palyvoda, Oksana Karpenko, Olena Bondarenko, Svitlana Bonyar and Andrea Bikfalvi (2018). Influence of network organizational structures on innovation activity of industrial enterprises. *Problems and Perspectives in Management*. 16(3). 174-188. DOI:10.21511/ppm.16(3).2018.14
- [3] Palyvoda O. M. (2019). Stratehichni napriamy derzhavnoi pidtrymky rozvytku innovatsiinykh merezhevykh struktur v ekonomitsi Ukrainy [Strategic directions of state support for the development of innovative network structures in the economy of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Ekonomika i upravlinnia»*. 45. 104-114. [In Ukrainian].



- [4] Hrashchenko I.S., Khmurova V. V. Innovatsiina polityka yak instrument orhanizatsiinykh zmin. [Innovative policy as a tool for organizational change. Economic development: theory, methodology, management] *[materials of the 4th International Scientific and Practical Conference]*. Budapest-Prague-Kyiv, 28-30 November 2016. 386, p. 361-369. [In Ukrainian].
- [5] Krasnyuk M., Kulynych Y., Krasniuk S., Goncharenko S. (2024). Design of innovative management information system. *Grail of Science*. №36. p. 237-245 <https://doi.org/10.36074/grail-of-science>.
- [6] Krasnyuk M., Kulynych Yu., Hrashchenko I., Krasniuk S., Goncharenko S., Chernysh T. (2023). Innovative management information system in post-crisis economic conditions on emerging markets (on the example of the oil and gas industry). *Moderní aspekty vědy - Modern aspects of science: svazek XXXVII mezinárodní kolektivní monografie*. – Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. p. 185-203.
- [7] Tsalko, T., Nevmerzhytska, S., Didenko, Ye., Kharchenko, T. & Bondarenko, S. (2020). Optimization of goods implementation on the basis of development of business process re-engineering. *Journal of Management Information and Decision Sciences*. Volume 23, Issue: 2. URL: <https://www.abacademies.org/articles/optimization-of-goods-implementation-on-the-basis-of-development-of-business-process-reengineering-9174.html>
- [8] Hrashchenko I. and Krasniuk S. (2015). Problems of regional development of Ukraine under globaliation process. *Visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Serii: Ekonomika i menedzhment - Scientific Bulletin of the International Humanitarian University. Series: Economics and management*, 2015. - №11. – pp. 26-32.
- [9] Hrashchenko Iryna, Krasnyuk Maxim, Krasniuk Svitlana (2020). Iterative methodology of bankruptcy forecast of logistic companies in emerging markets, taking into account global/regional crisis. *Collection of scientific works "Problems of the systemic approach in economics"*, vol. 1 (75) / 2020. – pp. 138-147. DOI:10.32782/2520-2200/2020-1-43
- [10] M. Krasnyuk, Yu. Kulynych, I. Hrashchenko, S. Krasniuk, S. Goncharenko, T. Chernysh. (2023). Innovative management information system in post-crisis economic conditions on emerging markets (on the example of the oil and gas industry) // *Moderní aspekty vědy - Modern aspects of science: svazek XXXVII mezinárodní kolektivní monografie*. – Česká republika : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2023. – pp. 185-203.
- [11] Maxim Krasnyuk, Yurii Kulynych, Iryna Hrashchenko, Svitlana Goncharenko, Svitlana Krasniuk (2022). Economic and mathematical modeling of an oil and gas production company as an integrated complex specific system. *Science and technology today*, 2022. pp.399-413. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-13\(13\)-399-414](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-13(13)-399-414)
- [12] Krasnyuk M., Kulynych Yu., Tkalenko A., Krasniuk S. (2021). Methodology of Effective Application of Economic-Mathematical Modeling as the Key Component of the Multi-Crisis Adaptive Management. *Modern Economics*, 29(2021), pp.100-106. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V29\(2021\)-16](https://doi.org/10.31521/modecon.V29(2021)-16).
- [13] Kulynych Y., Krasnyuk M., Krasniuk S. (2022) Efficiency of evolutionary algorithms in solving optimization problems on the example of the fintech industry. *Grail of Science*, №14-15, May 2022. 63-70. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.27.05.2022>
- [14] Krasnyuk, M., Kulynych, Y., Tuhaienko, V., & Krasniuk, S. (2022). E-business and e-commerce technologies as an important factor for economic efficiency and stability in the modern conditions of the digital economy (on the example of oil and gas company). *Grail of Science*. – 2022. – №. 17. –69-81.
- [15] Maxim Krasnyuk, Svitlana Nevmerzhytska, Tetiana Tsalko. (2024). Processing, analysis & analytics of big data for the innovative management. *Grail of Science*, #38, April 2024. pp. 75-83. <https://www.journal-grail.science/issue38.pdf>
- [16] Maxim Krasnyuk, Dmytro Elishys (2024). Perspectives and problems of big data analysis & analytics for effective marketing of tourism industry. *Science and technology today*, #4 (32) 2024. pp. 833-857

- [17] Krasnyuk M.T., Hrashchenko I.S., Kustarovskiy O.D., Krasniuk S.O. (2018) Methodology of effective application of Big Data and Data Mining technologies as an important anti-crisis component of the complex policy of logistic business optimization. *Economies' Horizons*. 2018. No. 3(6). pp. 121–136
- [18] Krasnyuk, M., Krasniuk, S. Association rules in finance management. *Scientific bulletin ΛΟΓΟΣ*, 2021. pp.9-10. <https://doi.org/10.36074/logos-26.02.2021.v1.01>
- [19] Derbentsev, V. D., V. M. Soloviov, and O. V. Serdiuk (2005) Peredvisnyky krytychnykh yavyschch v skladnykh ekonomichnykh systemakh [Precursors of critical phenomena in complex economic systems]. *Modelyrovanye nelyneinoi dynamyky ekonomicheskyykh system - Modeling of nonlinear dynamics of economic systems*. - Donetsk: DonNU, 1 (2005): 5-13. [in Ukrainian].
- [20] Derbentsev, V. D., Serdiuk, O. A., Soloviov, V. M., & Sharapov, O. D. (2010). *Synerhetychni ta ekonomichnykh metody doslidzhennia dynamichnykh ta strukturnykh kharakterystyk ekonomichnykh system [Synergistic and econophysical methods of studying dynamic and structural characteristics of economic systems]*. Cherkasy: Brama-Ukraine. -2010. [in Ukrainian].

EFFECTIVE APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN SOLVING MULTIPLE EXTREME OPTIMIZATION PROBLEMS IN THE MANAGEMENT OF A COMPETITIVE ENTERPRISE

Maksym Naumenko

PhD in Economics

CFO, Charitable Foundation "Ukrainians Together", Ukraine

Maxim Krasnyuk

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Department of Information Systems in Economics

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Ukraine

Summary. Innovative management of corporations and companies, in particular and thanks to the effective use of modern methods of solving optimization problems, is an important approach for companies in the direction of achieving their systemic sustainable development and increasing competitiveness [1-6]. Prompt solution of complex optimization problems at all levels of management not only increases the efficiency of management of corporations and companies [7], but is indispensable in the context of crisis phenomena in developing markets.

Mathematical optimization is an important branch of applied economic-mathematical modeling, which studies methods and algorithms for choosing the best solution from all possible options under constraints. The implications of optimization can be applied in many fields, such as macroeconomics, finance, business management, engineering, etc.

The article examines the conceptual features of solving the current problem of effectively solving complex optimization problems (non-convexity of the objective function, its discontinuity, dynamism and stochasticity, and not just multi-extremity) in the management of corporations and enterprises with the aim of increasing the efficiency and competitiveness of corporations and enterprises in conditions of crisis phenomena.

The proposed scientific and practical results are recommended for implementation at enterprises and companies not only in the conditions of Ukraine [7, 8], but for other countries in the conditions of local and global crisis phenomena [9].

Keywords: enterprise management, mathematical optimization, genetic algorithms, optimality, efficiency, competitiveness