

УДК 332.14

**ОПТИМІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ЗГІДНО СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО ПІДХОДУ CSOVA МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ****Харченко М.О.***ДВНЗ «Національний гірничий університет»*

В умовах нестабільної економіки питання про економію коштів дуже гостро постає перед державою та стосується всіх ланок бюджету. Скорочення витрат відбувається у кожній сфері економіки держави, яка фінансується за рахунок державних коштів. Виключенням не стала і соціальна, де, серед інших, постала задача щодо оптимізації територіальної організації закладів загальної середньої освіти. В даній статті розглянута оптимізація мережі закладів загальної середньої освіти на основі інтегрованого соціально-економічного підходу реалізованого методом генетичних алгоритмів. Суть даного підходу полягає в урахуванні як економічних, так і соціальних показників функціонування закладів загальної середньої освіти, що дозволяє комплексно підійти до прийняття рішення щодо оптимізації мережі закладів загальної середньої освіти. В даній статті обґрунтовано вибір саме методу генетичних алгоритмів для вирішення задачі оптимізації мережі закладів загальної середньої освіти згідно інтегрованого соціально-економічного підходу CSOVA.

**Ключові слова:** заклад загальної середньої освіти, інтегрований соціально-економічний підхід, метод генетичних алгоритмів, оптимізація

UDC 332.14

**EMPLOYING GENETIC ALGORITHM FOR THE OPTIMIZATION OF SCHOOL NETWORK ACCORDING TO THE SOCIAL AND ECONOMIC APPROACH****Kharchenko M.O.***National mining University, Dnipropetrovsk*

Under conditions of the unstable economy, governments face the need of expenses reductions and budget subsidy cuts. Cost cuts are observed in all economic fields donated and financed through the public funds. The social domain of the economy is not exclusion. For cost reductions, it is expected to have spatially optimized school network. The article deals with the optimization of the school network according to the social and economic approach adopted by means of the methodology of genetic algorithms. The approach allows taking into account economic and social indicators demonstrating schools' activity. Thus, the optimization of the spatially organized school network may be considered complex and entire. The article provides rationale for selecting the methodology of genetic algorithm allowing the optimization of the school network under the social and economic approach.

**Keywords:** school, integrated social and economic approach, genetic algorithm methodology, optimization.

**Актуальність проблеми.** Питання економії бюджетних коштів в державі в період економічної кризи є одним з головних та стосується кожної сфери економіки держави. Тому оптимізація мережі закладів загальної середньої освіти є метою економії бюджетних коштів та водночас збереження соціальних стандартів життя людей дуже важлива та актуальна в умовах сучасного стану економіки.

**Аналіз останніх наукових досліджень.** Заклади загальної середньої освіти є одними з важливих елементів, які забезпечують формування особистості та фахівця, як абсолютної продуктивної сили для розвитку регіону [1]. Динамічна концепція розміщення продуктивних сил була представлена у фундаментальній науково-дослідній роботі Р. Барро та Х. Сала-і-Мартіна, у якій автори досліджували розміщення продуктивних сил у розвинутих та відсталих країнах світу [2]. Ця ідея була перевірена М. Барткоською та А. Рідлом для європейських регіонів [3]. Спираючись на теоретичну модель регіонального розвитку «центр – периферія» Дж. Фридмана [4], яка доводить, що центральні території регіону є більш розвинутими у порівнянні з периферійними, можна висунути гіпотезу, що територіальний фактор впливає на якість надання освітніх послуг та рівень освіти людини. Тому вкрай важливо при оптимізації мережі закладів загальної середньої освіти враховувати як економічний, так і соціальний фактори. Проте, питанню оптимізації територіальної організації закладів загальної середньої освіти приділяється не достатньо уваги серед науковців. Також, на даний час не існує чіткої моделі оптимізації закладів загальної середньої освіти для регіонів України.

Застосування генетичних алгоритмів до вирішення економічних задач присвячені роботи Медведева А.В. Победаш П.Н. Смольянинов А.В. [5], у роботах яких розглянуті питання адаптування генетичних алгоритмів для прийняття рішень щодо управління регіональною економікою. Проте, дане питання також потребує ще додаткових досліджень.

**Мета роботи:** розробка оптимального механізму оптимізації мережі закладів загальної середньої освіти на основі інтегрованого соціально-економічного підходу CSOVA реалізованого методом генетичних алгоритмів.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Ідея застосування методу генетичних алгоритмів щодо вирішення задачі оптимізації мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти полягає у тому, щоб порівняти заклади загальної середньої освіти з природною

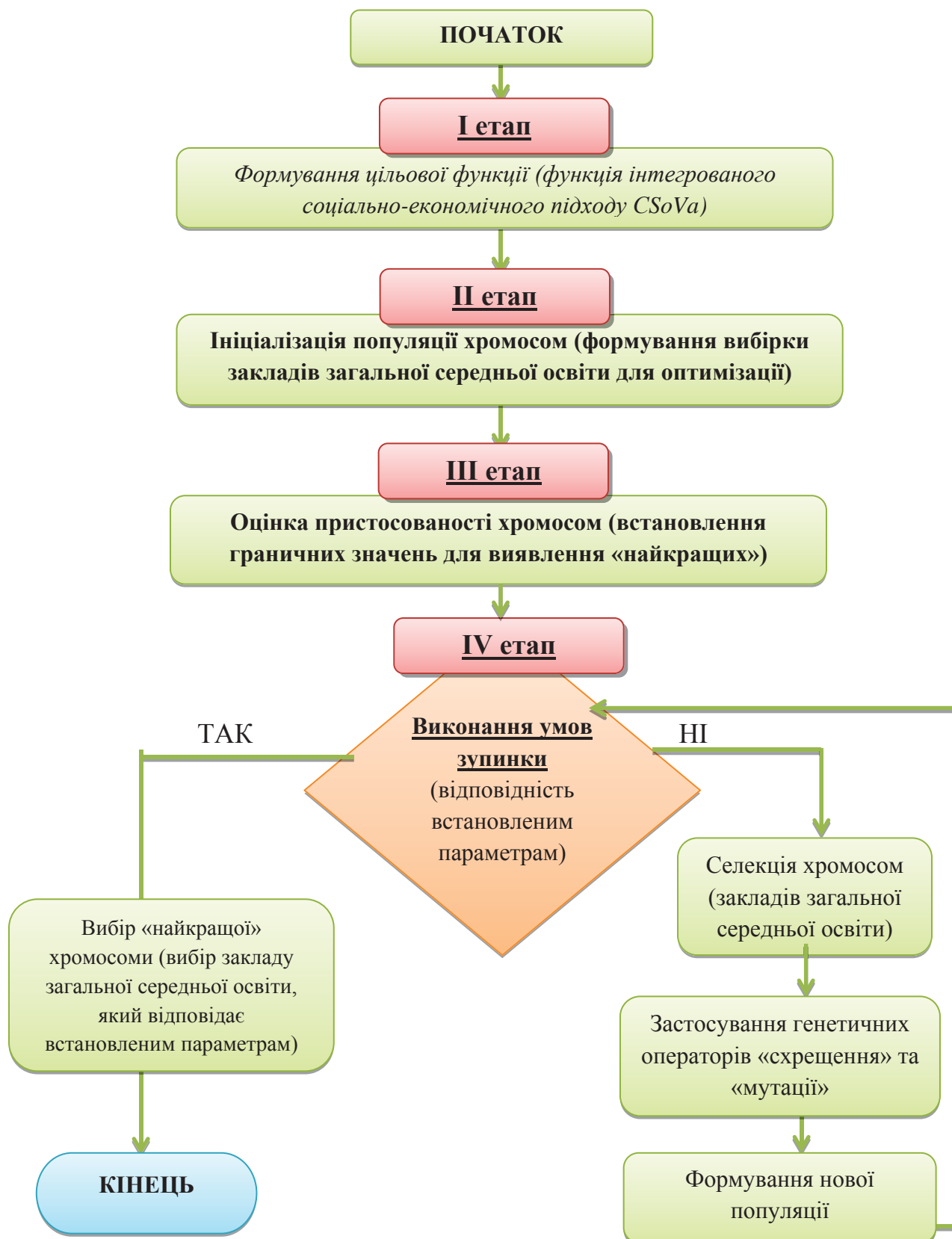
популяцією і порівняти їх розвиток з еволюцією цієї популяції, яка в процесі існування схрещується, мутує та переживає природний відбір. Таким чином, в результаті застосування цього методу, очікується отримати оптимізовану мережу закладів загальної середньої освіти, яка являтиме собою результат еволюційного процесу розвитку закладів загальної середньої освіти, як єдиної сукупності – популяції.

Метод генетичних алгоритмів використовується для вирішення задач оптимізації та моделювання шляхом послідовного підбору і комбінування потрібних параметрів з використанням механізмів, які нагадують біологічну еволюцію. Тобто, при застосуванні методу генетичних алгоритмів для оптимізації територіальної організації закладів загальної освіти стає можливим поєднати показники двох підходів – витратного підходу та підходу оцінки соціальної значимості [6,7].

Саме метод генетичних алгоритмів дозволяє вирішити встановлену двокритеріальну задачу оптимізації мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти на основі витратного підходу та підходу оцінки соціальної значимості. Він також дозволяє оптимізувати мережу закладів загальної середньої освіти в динаміці майбутніх періодів, тобто дає можливість спрогнозувати та врахувати зміни у існуючих показниках закладів загальної середньої освіти у майбутніх періодах, які будуть отримані при заданих параметрах інтегрованого підходу CSoVa [8]. Метод генетичних алгоритмів дозволяє відстежувати зв'язки між показниками для можливості оцінки їх впливу один на одного та на розвиток закладів загальної освіти в цілому, що дозволить розробити в майбутньому ефективні механізми регулювання. Все це свідчить про те, що метод генетичних алгоритмів може бути використано для оптимізації мережі територіальної організації закладів загальної освіти.

Розглянемо блок-схему генетичного алгоритму для оптимізації територіальної організації закладів загальної середньої освіти, яка дозволить б детально проаналізувати кожен етап оптимізації (рис. 1).

На першому етапі оптимізації мережі закладів загальної середньої освіти методом генетичних алгоритмів формується цільова функція. В даному випадку цільова функція для оптимізації мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти повинна врахувати два концептуальні підходи: витратний та оцінки соціальної значимості.



*Рис. 1* Блок-схема генетичного алгоритму для оптимізації територіальної організації закладів загальної середньої освіти

*Джерело: розроблено автором*

Як вже зазначалось у дослідженні, це два протилежні підходи, які враховують різні групи показників закладів загальної середньої освіти.

Проте саме метод генетичних алгоритмів, за рахунок того, що може вирішувати двокритеріальну задачу, тобто використовувати дві цільові функції, як два критерії формування оптимальної мережі закладів загальної середньої освіти, дає можливість одночасно врахувати ці два підходи та виконати умови інтегрованого соціально-економічного підходу. Тобто рівень соціальної значимості мережі закладів загальної середньої освіти в цілому прагне до максимального значення, а сукупні витрати на утримування мережі закладів загальної середньої освіти – до мінімального.

Таким чином, функція інтегрованого соціально-економічного підходу до оптимізації закладів загальної середньої освіти може бути виражена наступним чином:

$$\begin{aligned} F_1 &= \left[ \sum_{i=1}^n SV_i \rightarrow \max \right. \\ F_2 &= \left. \sum_{i=1}^n x_i a_i \rightarrow \min \right] \end{aligned} \quad (1)$$

де  $SV$  - соціальна значимість  $i$ -го закладу загальної середньої освіти (частка одиниці);  $x_i$  – кількість учнів у закладі загальної середньої освіти (осіб);  $a_i$  - сума витрат на учня в  $i$  закладі загальної середньої освіти (грн).

Після визначення цільових функцій генетичного алгоритму на другому етапі відбувається ініціалізація популяції хромосом, тобто формування вибірки закладів загальної середньої освіти для подальшої оптимізації. Вибірка закладів загальної середньої освіти для м. Стаханова налічує 19 одиниць. При цьому кожен заклад освіти характеризується 12 показниками. Тому результати застосування методу генетичних алгоритмів для оптимізації територіальної організації закладів загальної освіти будуть достовірними.

Якщо на першому етапі були сформульовані цільові функції, які повертатимуть максимальний рівень соціальної значимості та мінімальний рівень витрат на утримування мережі закладів загальної середньої освіти в цілому в регіоні, то на третьому етапі, при оцінці пристосованості хромосом, відбувається встановлення дослідником характеристик, яким повинен відповідати кожен окремий заклад загальної середньої освіти, щоб вважатися кращим при відборі на наступних етапах. Таким чином, оцінка пристосованості хромосом у випадку вирішуваної у дисертації задачі – це суб'єктивне рішення дослідника про те, які характеристики повинен мати кожен окремий заклад загальної середньої освіти, щоб вважатися найбільш потенційно

спроможним до розвитку у майбутньому. Це суб'єктивне рішення дослідника проявляється у встановленні граничних значень певних характеристик, а саме мінімально припустимого значення соціальної значимості, а також максимально припустимого обсягу витрат для кожного окремого закладу загальної середньої освіти, як самостійної одиниці у мережі закладів в цілому.

Це дозволить на наступних етапах алгоритму встановити градацію закладів загальної середньої освіти у загальній мережі регіону та виявити «найкращі» школи. За рахунок таких додаткових умов в генетичний алгоритм оптимізації закладів загальної середньої освіти визначається певний «прохідний бар'єр» безпосередньо для кожного окремого закладу загальної середньої освіти, тобто встановлюється мінімальне значення показника соціальної значимості закладу загальної середньої освіти, який можна оцінити як достатній для подальшого функціонування цього закладу, та максимальне значення показника витрат на утримання одного учня в закладі загальної середньої освіти, який також є задовільним для функціонування даного закладу. Граничні значення показників не є фіксованими. Вони можуть відповідати встановленим вимогам місцевої влади, або визначатися нормативами, які затверджені Міністерством освіти і науки України, Міністерством фінансів України, іншими органами державної влади. В даному дослідженні були використані середні значення соціальної значимості та обсягу витрат на утримання одного учня у школі для мережі закладів загальної середньої освіти м. Стаханова.

На четвертому етапі відбувається аналіз того, чи відповідає кожна окрема школа (кожна окрема хромосома) встановленим на третьому етапі умовам у вигляді граничних значень показників, тобто чи перевищує її рівень соціальної значимості мінімально встановлений, а також чи не перевищує обсяг витрат на утримання одного учня максимально припустимий. Якщо заклад загальної середньої освіти виконує умови, введені у генетичний алгоритм та долає встановлений «прохідний бар'єр», то він вважається найкращім («найкращою хромосомою»), та автоматично потрапляє у майбутню оптимізовану мережу.

Проте якщо заклад загальної середньої освіти не відповідає встановленим умовам генетичного алгоритму, то тоді застосовується так звана селекція хромосом, тобто з тих закладів загальної середньої освіти, які не відповідають встановленим граничним параметрам, визначаються кращі, які в подальшому будуть «схрещені», тобто

стануть основою для створення нових закладів загальної середньої освіти, наприклад, за рахунок поєднання одного з іншим, або закриття одного та переведення всіх учнів з цього закладу в інший, що дозволить поліпшити показники і досягти відповідності встановленим граничним параметрам генетичних алгоритмів.

Детальніше розглянемо процеси «селекції», «схрещування» та «мутації» тих закладів загальної середньої освіти, які первинно не задовольняли гранично встановленому рівню соціальної значимості та обсягу витрат на утримування одного учня.

Для здійснення коректної селекції кращих закладів загальної середньої освіти з тих, що не відповідають первинним граничним значенням показників, встановлених на третьому етапі генетичного алгоритму (див. рис. 1) необхідно ввести додаткову умову відбору. Раніше на третьому етапі генетичного алгоритму (див. рис. 1) було встановлено первинну умову первинного відбору закладів загальної середньої освіти у вигляді мінімально припустимого рівня соціальної значимості та максимально припустимого обсягу витрат на одного учня. Тоді, вважаємо за доцільне на четвертому етапі селекції ввести додаткову умову у вигляді максимально припустимої відстані між закладами загальної середньої освіти, які можуть підлягати схрещуванню.

Дана умови дозволить виключити помилку поєднання (схрещування) тих закладів загальної середньої освіти, які знаходяться на великій, з точки зору дослідника, відстані один від одного.

Для селекції закладів загальної середньої освіти (хромосом) було обрано метод ранжирування або рангової селекції. Згідно цього методу закладам загальної середньої освіти (популяція) присвоюється певний ранг залежно від фактичних показників соціальної значимості та обсягу витрат на утримування які має заклад освіти на даний момент. Додаткова умова максимальної відстані закладів загальної середньої освіти один від одного в результаті селекції дозволить отримати певну кількість груп закладів освіти. Кожна група характеризується певною територією адміністративної одиниці, що аналізується, на якій близько одна до одної розташовані школи. Таким чином введена додаткова умова відстані виконується у межах визначеної групи, а між групами не виконується. В результаті селекції буде видно які заклади загальної середньої освіти підлягатимуть схрещенню, щоб після схрещення новий

заклад загальної середньої освіти задовольняв первинним умовам мінімально припустимого значення соціальної значимості та максимально припустимого обсягу витрат на утримування одного учня. Також буде видно, які заклади підлягатимуть мутації, щоб задовольняти первинній умові селекції.

Результатом застосування методу рангової селекції є впорядкована згідно рангу, який задовольняє поставлену задачу в цільовій функції генетичного алгоритму, популяція.

Після формування популяції методом рангової селекції, застосовуються генетичні оператори «схрещування» та «мутації» для оптимізації територіальної організації мережі закладів загальної середньої освіти. Як вже зазначалось раніше, в контексті даного дослідження під «схрещенням» слід розуміти поєднання закладів загальної середньої освіти певної адміністративно-територіальної одиниці, а під «мутацією» певний розвиток кожного окремого закладу загальної освіти під впливом соціально-економічних факторів. Наприклад, в одному районі розташовано три заклади загальної середньої освіти, два з яких були «схрещенні», тобто поєднані, таким чином, що утворили один новий заклад загальної середньої освіти, а третій, за рахунок соціально-економічних змін, зазнав мутації, перейшовши на новий якісний рівень. В процесі оптимізації мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти, дослідником встановлена пріоритетність в застосування генетичних операторів, а саме спочатку «схрещення», а потім «мутація».

Існує декілька типів «схрещення», а саме: одноточкове, двоточкове, багатоточкове та рівномірне. В даному дослідженні вважаємо за доцільне використання багатоточкового методу схрещування для оптимізації територіальної організації мережі закладів загальної середньої освіти, тому що, в порівнянні з методом рівномірного схрещування, який потребує встановлення «еталонного зразка» відповідно до якого буде формуватися наступна популяція, багатоточковий метод не потребує цього. Також, багатоточковий метод підходить для «схрещення» закладів загальної середньої освіти, тому що вони не ідентичні за своїми показниками (кількість учнів, обсяг витрат на утримування закладу, тощо), тому не можливо визначити єдиний «еталонний зразок» для всієї мережі. Методи одноточкового та



двоточкового схрещення також не підійдуть для схрещення шкіл при достатньо великій кількості параметрів. Схрещення за цими методами відбувається наступним чином. Вибирається точка обміну хромосом, тобто показники, які характеризують дві схрещувані школи, розділяються на дві групи, а потім визначається, що, наприклад, показники першої групи наслідуються від першої школи, а показники другої групи – від другої, або навпаки. Таким чином, наслідуються певні гени від одного з батьків, а інші – від іншого. При двоточковому схрещуванні встановлюються дві таких точки (тобто утворюються три групи показників), що також не достатньо для даного дослідження. Таким чином, вибір багатоточкового методу схрещування вважаємо оптимальним, тому що, показники закладів загальної середньої освіти (гени) схрещуються випадковим чином, поодиначо, замість груп.

Наступним етапом застосування генетичного алгоритму для оптимізації мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти є застосування оператора «мутації». Суть даного оператора полягає у зміні одного або більше генів (показників) в батьківській хромосомі, тобто у фактичному, існуючому на даний час, закладі загальної середньої освіти. Такі зміни можуть відбуватися за рахунок, наприклад, зміни кількості дітей, які навчаються в закладі загальної середньої освіти, під впливом попереднього оператора «схрещення», який поєднав декілька закладів загальної середньої освіти, спровокувавши тим самим перерозподіл дітей між іншими закладами загальної середньої освіти.

Після того, всі заклади загальної середньої освіти, які спочатку не задовольняли умовам цільових функцій генетичного алгоритму, утворюють нову популяцію, яка, в свою чергу, проходить перевірку на відповідність умовам встановлених цільових функцій генетичного алгоритму.

Оптимізація мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти згідно соціально-економічного підходу CSoVa методом генетичних алгоритмів була проведена за допомогою програми MatLab. Саме за допомогою додаткового програмного пакету програми MatLab стала можливою реалізація поставленої в даному параграфі задачі.

Для того, щоб цільові функції генетичного алгоритму відповідали необхідній формі вхідних даних для програми MatLab, дослідником була проведена певна їх адаптація. Тобто, було запропоновано

перемножити цільову функцію мінімізації витрат на цільову функцію максимізації соціальної значимості, та визначити, що результат цього множення прагне до мінімуму. Це пояснюється тим, що чим менші витрати та менший показник рангу соціальної значимості закладу загальної середньої освіти, тим краще. А чим більші витрати та більш високий показник рангу соціальної значимості закладу загальної середньої освіти, тим гірше. Тобто, під час визначення рангу соціальної значимості закладів загальної середньої освіти використовувалась градація від 1 до N, де 1 – найкращий результат, а N – найгірший. Таким чином, під час множення зазначених вище цільових функцій генетичного алгоритму, результат буде прагнути до мінімуму та задовольняти встановленим умовам обох цільових функцій генетичного алгоритму.

Таким чином, в даній дисертаційній роботі, оптимізаційна функція мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти методом генетичних алгоритмів у програмі MatLab має наступний вигляд (рис.2):

```
function [F] = GA( x )
N=19;
Rang = [18.08 17.72 2.84 2.6 10.88 1.24 5.8 6.2 15.6 14.08 12.4 4.08 17.04 8.88 15.76 10.24
6.16 8.76 11.64];
CostPerOne = [4840.5; 4109.9 ;3412.8 ;3812.7 ;3555.6 ;3260 ;4351.8 ;3446.5 ;4904.2 ;6874.1
;6800 ;3593.2 ;7667.2 ;2596.1 ;6031.1 ;3869.6 ;3660.8 ;4192.2 ;4516];
F=0;
for i=1:N
F=F+CostPerOne(i)*x(i)*Rang(i);
end
```

*Рис.2 Частина функції оптимізації мережі територіальної організації закладів загальної середньої освіти методом генетичних алгоритмів у програмі MatLab*

*Джерело: розроблено автором*

На рис. 2 представлена частина програмного коду оптимізаційної функції мережі закладів загальної середньої освіти методом генетичних алгоритмів у програмі MatLab.

Також, для коректного розрахунку були введені додаткові обмеження, які були описані раніше, безпосередньо, в діалогове вікно генетичних алгоритмів програми MatLab.

Апробація методу генетичних алгоритмів для оптимізації територіальної організації закладів загальної середньої освіти згідно соціально-економічного підходу CSoVa буде розглянута у наступному параграфі дисертаційного дослідження.

**Висновки.** В даній статі удосконалено наукове обґрунтування складу оптимально організованої мережі закладів загальної середньої освіти, яке, на відміну від існуючих, забезпечує мінімальний обсяг загальних витрат на її утримання при максимальному рівні соціальної значимості; враховує прогнозовану динаміку економічних та соціальних показників (генів) функціонування кожного окремого закладу (хромосоми), на підставі чого їх доцільно об'єднувати (схрещувати) або залишати для подальшого розвитку (мутації); передбачає переведення усіх учнів закритих закладів до інших згідно їх потужності, що являє собою адаптацію методу генетичних алгоритмів для оптимізації мережі закладів загальної середньої освіти згідно інтегрованого соціально-економічного підходу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Пашкевич М.С. School choice and spatial distribution of rural and township schools in Ukraine / М.С. Пашкевич, О.Ю. Чуриканова, М.О. Харченко // Актуальні проблеми економіки. – 2014. - №10. – С. 310-320.
2. Barro R. Convergence / R. Barro, S.-i-M. Xavier // Journal of Political Economy. – 1992. – Vol. 100. - P. 223 – 251.
3. Bartkowska M. Regional convergence clubs in Europe: Identification and conditioning factors / M. Bartkowska, A. Riedl // Economic Modelling. – 2012. - Vol. 29. - P. 22-31.
4. Fredann J. Urbanization Planning and National Development / J. Fredann. – Beverly Hills, London, 1973. – 345 p.
5. Медведева А.В. Система поддержки принятия решений для управления региональным экономическим развитием на основе решения линейной задачи математического программирования / А.В. Медведева, П.Н.Победаш А.В.Смолянинов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. - №12
6. Пашкевич М.С. School choice and spatial distribution of rural and township schools in Ukraine / М.С. Пашкевич, Е.Ю. Чуриканова, М.А. Харченко // Актуальні проблеми економіки. – 2014. - №10. – С. 310-320.
7. Pashkevych M. Kharchenko M., School Networks optimization under the Social Value Based Approach: the Regional context / M. Pashkevych , M. Kharchenko // Economic annals - XXI . – 2015. - №1-2(2). – P. 16-19.
8. Пашкевич М.С. Підхід SOVA до розміщення закладів загальної середньої освіти у межах адміністративно-територіальної одиниці / М.С. Пашкевич, М.О. Харченко //Економіка XXI : монографія : у 2-х т. / за заг. ред. Г.О. Дорошенко, М.С. Пашкевич; М-во освіти і науки України ; Харк. ін.-т фінансів; Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2014. – С. 199-203.