

УДК 911.2:711.5(477.81)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-2-10>

**Віктор МОШИНСЬКИЙ**

доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет водного господарства та природокористування, вулиця М. Карнаухова, 53а, м. Рівне, Україна, 33000

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1661-6809>

**Людмила КЛИМЕНКО**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет водного господарства та природокористування, вулиця М. Карнаухова, 53а, м. Рівне, Рівненська область, Україна, 33000

**Бібліографічний опис статті:** Мошинський В., Клименко Л. (2022). Обґрунтування математичної моделі прогнозування сталого розвитку середніх міст. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 2, 77–85, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-2-10>

## ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СЕРЕДНІХ МІСТ

Проведений аналіз засвідчує, що кожне місто за своєю суттю є соціально, економічно, екологічно, географічно, політично своєрідним і неповторним, відповідно і модель його сталого розвитку, яка базується на різних зовнішніх та внутрішніх чинниках, що визначають їхній розвиток є і будуть завжди специфічними і індивідуальними. Тому постає актуальною розробка моделі прогнозування сталого розвитку середніх міст та м. Рівного в тому числі. Основою прогнозування сталого розвитку міста є досягнутий рівень розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер його життєдіяльності, пропорційності та збалансованості функціонування цих сфер з урахуванням передумов їх перспективного розвитку. Дослідження і прогнозування сталого розвитку середніх міст здійснювали у три етапи, а саме: початковий, аналітично-розрахунковий, заключний. Алгоритм побудови математичних моделей визначення індексів розвитку соціальної, економічної і екологічної сфер міст передбачає реалізацію наступних структурних елементів, а саме: проведення регресійного і кореляційного аналізів, перевірки адекватності математичних моделей; складання прогнозів розвитку цих сфер та інтегрального індексу сталого розвитку міст. Встановлено, що величини індексів розвитку соціальної, економічної і екологічної сфер міст обумовлюються показниками стимуляторів і дестимуляторів і описуються математичними моделями, які мають вид багаточинних лінійних регресій при коефіцієнтах детермінації від 0,841 до 0,921.

З метою покращення рівня розвитку міст на період 2025 року заплановано покращити для м. Івано – Франківська у соціальній сфері 2, у економічній 3, у екологічній 1 показник; для Луцька у соціальній сфері 3, економічній 2, екологічній 2; для Мелітополя у соціальній сфері 5, економічній 4, екологічній 3,; для Рівного соціальній сфері 4, економічній 3, екологічній 4, що дозволить досягти для Івано-Франківська високого рівня розвитку (0,753); для Луцька (0,619), Мелітополя (0,594), Рівного (0,679) середнього рівня розвитку їх соціально- економіко- екологічних систем.

**Ключові слова:** соціо-економіко-екологічний розвиток, математична модель, середні міста, прогнозування.

**Victor MOSHYNSKYI**

Doctor of Agricultural Science, Professor, National University of Water Management and Environmental Sciences, M. Karnaukhova Street, 53a, Rivne, Ukraine, 33000

**Liudmyla KLYMENKO**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Water Management and Environmental Sciences, M. Karnaukhova Street, 53a, Rivne, Ukraine, 33000

**To cite this article:** Moshynskiy, V., Klymenko, L. (2022). Obgruntuvannia matematychnoi modeli prohnouzuvannia staloho rozvytku serednikh mist [The grounds of mathematical model of prognostication of medium-sized city sustainable development] *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 2, 77–85, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-2-10>

## THE GROUNDS OF MATHEMATICAL MODEL OF PROGNOSTICATION OF MEDIUM-SIZED CITY SUSTAINABLE DEVELOPMENT

*The analysis having been done gives evidence of the fact that every city is socially, economically, ecologically, geographically unique and inimitable as to its substance. Accordingly, the model of its sustainable development is based on different outer and inner factors which determine their development and which are and will always be specific and individual. That's why the elaboration of the model of sustainable development prognostication of medium-sized cities including Rivne has become urgent. The basis of sustainable development prognostication of the city is the achieved level of the development of social, economic, ecological spheres of its vital activity, proportionality and balance of these spheres functioning, taking into account the preconditions of their perspective development. The research and prognostication of the sustainable development of medium-sized cities were carried out in the following three stages: primary, analytical and calculation, final. The algorithm of the structure of mathematical models for determination the indices of social, economic and ecological spheres development of the cities assumes the realization of the following structural elements: making regressive and corrective analyses, control of the adequacy of mathematical models, making prognosis of the development of these spheres and integral index of the city sustainable development.*

*It is ascertained that the values of the indices of the city social, economic and ecological spheres development are stipulated by the indices stimulants and destimulants and are described by mathematical models which have the form of multifactor linear regressions with the coefficient of determination from 0,841 to 0,921.*

*Aimed at the improvement of the level of city development within the period of the year 2025, it is projected to improve 2 indices of social sphere, 3 – economic, 2 – ecological in Ivano-Frankivsk, 3 indices of social sphere, 2 – economic, 2- ecological in Lutsk, 5 indices of social sphere, 4 – economic, 3 – ecological in Melitopol, 4 indices of social sphere, 3 – economic, 4 – ecological in Rivne. All these will allow Ivano-Frankivsk to reach the high level of development (0,75), for Lutsk – 0,619, for Melitopol – 0,594, for Rivne – 0,679 average level of their socio-economic-ecological systems development.*

**Key words:** economic-ecological systems development, mathematical models, medium-sized cities, prognostication.

**Актуальність проблеми.** Розв'язанню проблеми прогнозування сталого розвитку соціо-економіко-екологічних систем районів, соціально-економічних об'єктів і процесів різноманітних рівнів ієрархії, сталого розвитку територій, економічного зростання з урахуванням ресурсних обмежень присвячені наукові праці знатних економістів і математиків (Гаєць, Клебанова, Черняк та ін., 2005; Бойко, Грита, 2004; Петрик, Половненьов, 2003; Кондіус, 2007; Крючкова, 2000; Севастьянов, 1996; Карпінський, 2004). В цих працях науковці при здійсненні економічного та математичного прогнозування обрали різноманітні об'єкти та проблеми, і що особливо важливо, щодо сталого розвитку регіонів, однак не приділяли належної уваги прогнозуванню сталого розвитку соціо-економіко-екологічного розвитку міст.

Як відомо, кожне місто за своєю суттю є соціально, економічно, екологічно, географічно, політично своєрідним і неповторним, відповідно і модель його сталого розвитку, яка базується на різних зовнішніх та внутрішніх чинниках, що визначають їхній розвиток, є і будуть завжди специфічними і індивідуальними. Тому постає актуальною розробка моделі прогнозування сталого розвитку серед міст і м. Рівного в тому числі.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вивченню проблеми та прогнозуванню соціально-економічного розвитку різних систем і об'єктів присвячені наукові праці відомих економістів і математиків.

Так, у науковій праці Гайця В.М. розглянуті методологічні основи прогнозування з використання сучасного економіко – математичного апарату та викладені методи аналізу часових рядів з побудовою прогнозних моделей у вигляді трендів, адаптивних моделей, моделей авторегресій та плинної середньої (Гаєць, 2005).

Монографія Карпінського Б.А., Божко С.М. присвячена сучасним теоретичним, прикладним проблемам продуктивності і сталого розвитку економіки та розробці ряду економіко-математичних моделей щодо оптимізації продуктивності факторів, які впливають на економічне зростання (Карпінського Б.А., Божко С.М., 2004).

Дослідження Ковальчука П. І. присвячене моделюванню і прогнозуванню стану навколишнього середовища, розробці методів прогнозування стану навколишнього середовища, розробці методів прогнозування стану водних екосистем, охорони повітряного басейну, збереження ґрунтів, раціонального природокорис-

тування із застосуванням різних математичних методів (Ковальчук, 2003).

У науковій праці Поліщука С.З., Долодаренка В.О., Чорнобровніної Н.А., Рябко А.І. вкладені різномірні математичні моделі, які описують соціо-економіко-екологічний розвиток регіону, а саме: моделі прогнозу й оцінки стану атмосферного повітря, моделюючий комплекс та його інформаційно – програмне забезпечення (Поліщук, 2001).

Севастьянов Л. І. при проведенні системного дослідження прогнозування соціо-економічних процесів регіонів здійснив розрахунок його стану за трьома групами показників, які характеризують стан довкілля, населення, господарство території (Севастьянов, 1996).

У науковій праці Ляшенка І.М. розглянуті методологічні основи економіко – математичного моделювання сталого розвитку, що базується на системному розгляді економічних і екологічних проблем та пов'язують економічне зростання зі станом навколишнього середовища (Ляшенко, 1999).

Вітлінський В.В. у науковій праці виклав методологічні та методичні підходи до застосування математичних моделей у сфері економіки і підприємства (Вітлінський, 2005).

У монографії Герасимчук З.В., Кондіус І.С. досліджено теоретико – методологічні засади прогнозування стійкого розвитку регіону, запропоновано методики, за якими доцільно здійснювати оцінку та прогнозування такого розвитку (Герасимчук, Кондіус, 2010).

Аналіз цих наукових праць засвідчує, що більшість розглянутих моделей були присвячені оцінці прогнозу станів: економіки, навколишнього середовища, соціо-еколого-економічного розвитку регіонів, економіки і підприємництва. Виникає потреба у дослідженні використання цих методів для прогнозування сталого соціо-економіко-екологічного розвитку середніх міст.

**Мета роботи** полягає в обґрунтуванні математичної моделі прогнозування сталого соціо-економіко-екологічного розвитку середніх міст. Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань: аналіз та оцінка кількісних і якісних показників, які характеризують досягнутий рівень розвитку міст; визначення узагальнюючого показника, що визначає рівень соціального, економічного, екологічного розвитку міст; інтегральної оцінки рівня сталого

розвитку міст; розробки математичної моделі прогнозування сталого розвитку міст.

Об'єкти дослідження – процеси, що протікають у соціальній, економічній та екологічній сферах середніх міст, математичні моделі прогнозування сталого розвитку середніх міст.

Предмет дослідження – показники (індикатори), які характеризують стан соціальної, економічної та екологічної сфер середніх міст.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи системного аналізу, порівнянь, узагальнень, регресійного і кореляційного аналізу з використанням програми Microsoft Excel.

Результати досліджень. Основою прогнозування сталого розвитку міста є досягнутий рівень розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер його життєдіяльності, пропорційності та збалансованості функціонування цих сфер з урахуванням передумов їх перспективного розвитку.

Прогнозування слід розглядати як процес передбачення можливого стану динамічного зростання рівня соціо-економіко-екологічного розвитку міста при збереженні рівноваги та збалансованості рівноцінної тріади суб'єкту, економіки і довкілля. Концептуальна схема прогнозування сталого розвитку міста наведена на рис. 1.

Згідно запропонованої схеми прогнозування сталого розвитку міст на першому етапі після визначення мети, об'єкта і предмета досліджень, завдань та визначення напрямків досліджень передбачається здійснення обґрунтування об'єктивного підбору системи кількісних і якісних показників (індикаторів), які будуть придатними відображати існуючі процеси, що протікають у соціальній, економічній, екологічній сферах цих міст, як у даних умовах так і впродовж повного відрізка часу.

Ці показники повинні відповідати наступним вимогам: інформаційної повноти, тобто кількість показників повинна бути оптимальною і повно відображати процес і його кінцевий результати; недопущення повторного використання одних і тих же показників; адекватно представляти взаємопов'язаної тріади складових сталого розвитку; співмірність у часі і просторі; адаптованість до існуючої системи статистики (Герасимчук, Кондіус, 2010).

Особливу увагу слід приділити виділенню з багаточисельного набору діагностичних

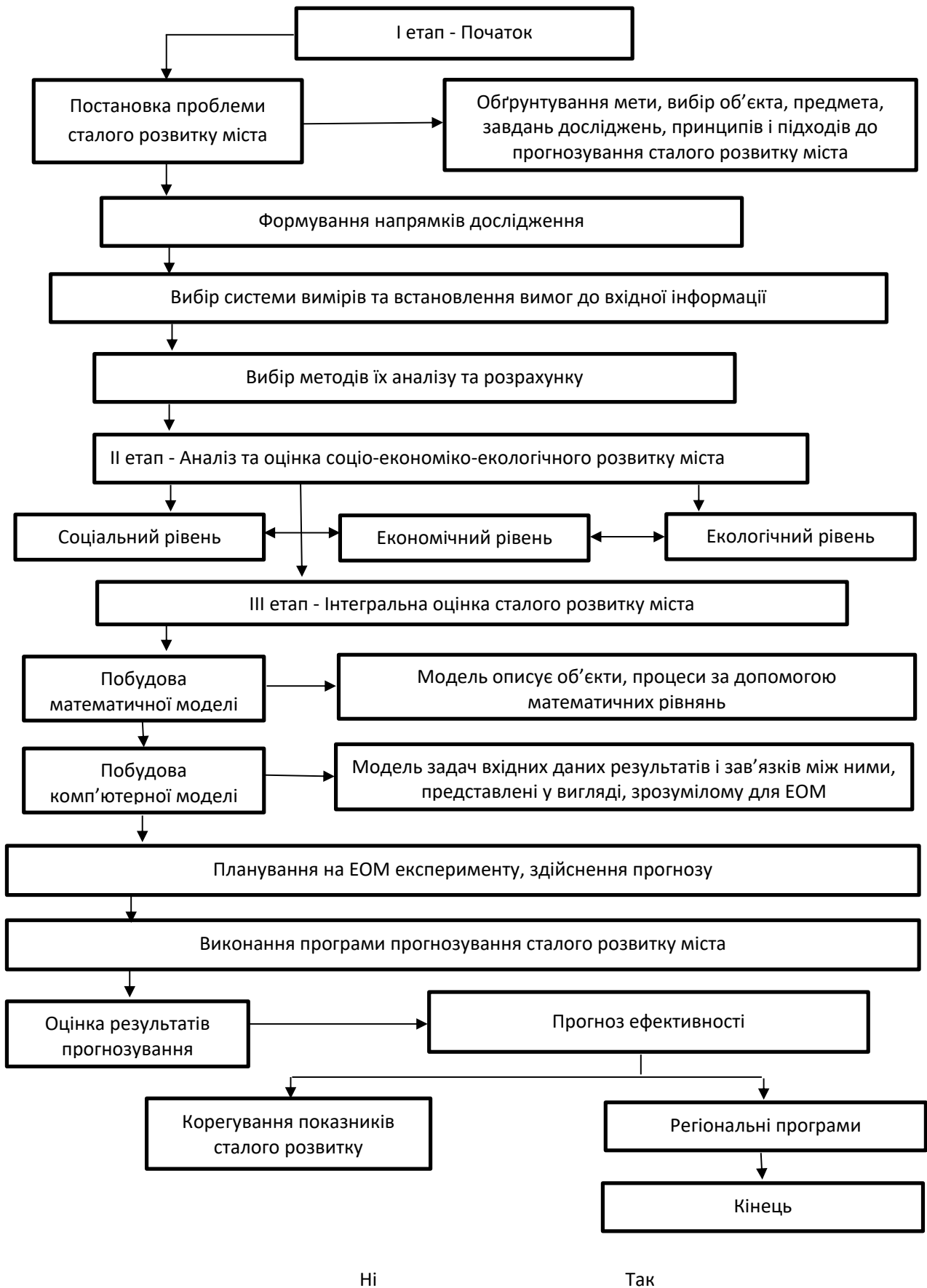


Рис. 1. Блок-схема моделі процесу дослідження і прогнозування сталого розвитку міста

показників тих, які мають найбільшу вагу для прогнозування функціонування та розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер життєдіяльності міста. Вибираємо по однаковому показнику з кожної групи (на підставі наявності сильної кореляції), отримуємо набір ознак з цінними властивостями для прогнозування розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер в місті. Це будуть ознаки слабкорельовані один з одним, зате корельовані з ознаками груп що представляються ними

Оцінку стану соціальної, економічної та екологічної сфер життєдіяльності середніх міст пропонується здійснювати за уніфікованою вимірювальною шкалою, розроблену нами, згідно якої стан розвитку цих сфер оцінюється кількісно і якісно: 1,0-0,75 – високий; 0,749-0,5 – середній; 0,499-0,25 – нижчий за середній; 0,249-0 – низький рівень.

Цю шкалу рекомендується застосовувати і для оцінювання рівня сталого розвитку міста (ПСРМ) розраховано також як середньоарифметичне з індексів розвитку соціальної (ІРСС), економічної (ІРЕС) та екологічної (ІРЕЕ) сфер.

На другому аналітичному етапі пропонується провести відбір показників, які характеризують соціальну, економічну та екологічну сфери міст за рейтингом важливості (за величиною матричних коефіцієнтів кореляції), а саме: низької важливості (0-0,2); середньої важливості (0,21-0,5), важливого фактора (0,51-0,7), дуже важливого фактора (0,71-0,9), стержневого, або вирішального фактора (0,91-1,0), або за коефіцієнтами детермінації факторів стимуляторів і дестимуляторів, що безпосередньо кількісно (згідно встановлених залежностей) впливають на індекси розвитку середніх міст.

Алгоритм побудови математичних моделей визначення індексу розвитку соціальної, економічної та екологічної сфер міст передбачає реалізацію наступних структурних елементів, а саме: проведення регресійного і кореляційного аналізу відібраної системи показників, оцінки отриманих результатів, перевірки адекватності математичних моделей, складання прогнозів розвитку соціальної, економічної та екологічної сфер середніх міст.

Згідно кореляційного і регресійного аналізу 16 відібраних показників індекс розвитку соціальної сфери міст описується багатофакторною

лінійною регресією при коефіцієнті детермінації  $R^2 = 0,921$  яка має вид:

$$IPCC = 1,4796056 - 0,025568x^2 - 0,04801x^3 - 0,030865x^4 - 0,0005746x^7 - 0,011333x^8 + 0,019859x^{11} - 0,026344x^{16} \quad (1)$$

де:

$x_2$  – кількість зареєстрованих безробітних осіб на 1000 осіб;

$x_3$  – середньорічної номінальної заробітної плати, тис. грн/особу;

$x_4$  – навантаження на 1 робоче місце, осіб;

$x_7$  – відпуск води населенню на господарсько-побутові потреби, м<sup>3</sup>/особу;

$x_8$  – кількості підприємств роздрібною торгівлі, одн. на 100 осіб;

$x_{11}$  – кількості лікарняних ліжок, одн. на 1000 осіб;

$x_{16}$  – кількості зареєстрованих злочинів, випадків на 1000 осіб;

Індекс розвитку економічної сфери міст, з врахуванням 12 відібраних показників згідно кореляційного і регресійного аналізу описується багатофакторною лінійною регресією при коефіцієнті детермінації  $R^2 = 0.841$  яка має вид:

$$IPES = 0,313375 + 0,000217x^1 - 0,00461x^4 + 0,002585x^6 + 0,000198x^7 + 2,42E-5x^8 + 0,0032x^9 + 0,007776x^{10} \quad (2)$$

де:

$x_1$  – обсяг реалізованої продукції, тис. грн/особу;

$x_4$  – кількість малих підприємств, одн./10 тис.осіб;

$x_6$  – інвестицій в основний капітал, тис. грн/особу;

$x_7$  – прямих іноземних інвестицій в економіку міста, дол. США/ особу;

$x_9$  – експорту послуг, дол. США/ особу;

$x_{10}$  – перевезення вантажів автотранспортом, т/ особу;

Індекс розвитку екологічної сфери міст, із включенням до системи 7 показників згідно проведеного кореляційного і регресійного аналізу описується багатофакторною лінійною регресією при коефіцієнті детермінації детермінації  $R^2 = 0,912$  яка має вид:

$$IPES = 3,36 - 0,00409x^1 - 0,01475x^2 - 0,01301x^3 - 0,00752x^4 + 0,168403x^5 + 0,003603x^6 + 0,000751x^7 \quad (3)$$

де:

$x_1$  – викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, кг/особу;

$x_2$  – викиди забруднюючих речовин від пересувних джерел кг/особу;

$x_3$  – рівень використання свіжої води, м<sup>3</sup>/особу;

$x_4$  – потужності очисних споруд, м<sup>3</sup>/особу;

$x_5$  – утворення відходів I-III класів безпеки, кг/особу;

$x_6$  – загальна площа зелених масивів та насаджень, м<sup>2</sup>/ особу;

$x_7$  – капітальні інвестиції та поточні витрати на охорону навколишнього середовища, грн/ особу.

Оцінка отриманих результатів та перевірка розрахунків індексів розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер у порівнянні встановлених за середньоарифметичним із показників у нормованих цих сфер у шкалу від 0 до 1 із розрахованими за багатофакторними лінійними регресіями 1, 2, 3 засвідчує, що придатність отриманих математичних моделей для прогнозування розвитку цих сфер на перспективу. Так як величини відхилення індексів розвитку цих сфер встановлених двома способами не перевищує значень 1%.

Складання прогнозів розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер міст на ближню перспективу з використанням багатофакторних лінійних регресій 1, 2, 3 передбачає:

У соціальній сфері для Івано-Франківська забезпечення високого рівня розвитку цієї сфери (0,795) за рахунок збільшення відпуску води населенню на господарсько – побутові потреби з 30 до 50 м<sup>3</sup> на особу, зменшення кількості зареєстрованих злочинів з 10 до 7 випадків на 1000 осіб, для Луцька досягнення середнього рівня розвитку соціальної сфери (0,736) планується досягти за рахунок зменшення кількості зареєстрованих безробітних з 8 до 6 осіб на 1000 осіб, збільшення кількості підприємств з 1,65 до 3 одн./осіб та зменшення кількості зареєстрованих злочинів від 18 до 12 випадків/ осіб, для Мелітополя планується досягти середнього рівня розвитку цієї сфери(0,605) за рахунок зростання номінальної заробітної плати з 5,44 до 60 тис. грн на особу, зменшення навантаження на 1 робоче місце з 19 до 9 осіб, збільшення відпуску води населенню на господарсько-побутові потреби з 25 до 50 м<sup>3</sup>/ особу,

збільшення кількості підприємств роздрібно торгівлі з 1,2 до 3 одн./1000 осіб, зменшення кількості зареєстрованих злочинів з 15 до 10 випадків/ осіб, для Рівного забезпечення на ближню перспективу високого рівня розвитку соціальної сфери (0,826) може бути досягнуте за рахунок зменшення кількості зареєстрованих безробітних з 9 до 6 осіб/1000 осіб, зменшення навантаження на 1 робоче місце з 3 до 1 особи, зростання кількості підприємств роздрібно торгівлі з 1,6 до 3 одн./1000 осіб, зменшення кількості зареєстрованих злочинів з 20 до 15 випадків/1000 осіб.

Прогнозування розвитку економічної сфери життєдіяльності середніх міст на ближню перспективу з використанням багатофакторної лінійної регресії (2) передбачає для м. Івано-Франківська збереження середнього рівня розвитку цієї сфери (0,634) за рахунок збільшення обсягів реалізованої продукції з 18 до 40 тис. грн./особу, зростання інвестицій в основний капітал з 4,43 до 30 тис. грн./особу, експорту товарів з 737 до 1000 дол.США/особу; для м. Луцька досягнення середнього рівня розвитку економічної сфери(0,519) планується досягти за рахунок зростання експорту товарів з 799 до 2000 дол.США/особу, експорту послуг з 37 до 50 дол.США/ особу; для м. Мелітополя забезпечення нижче за середній рівня розвитку (0,454) прогнозується досягти за рахунок зростання обсягів реалізованої продукції з 11,3 до 20 тис. грн/особу, збільшення кількості малих підприємств з 52 до 80 одн./10 тис. осіб, зростання прямих іноземних інвестицій в економіку міста з 31 до 300 тис. дол. США/ особу, збільшення експорту послуг з 33 до 50 дол. США/ особу; для м. Рівне досягнення середнього рівня розвитку (0,627) планується досягти шляхом збільшення прямих іноземних інвестицій в економіку міста з 390 до 500 дол. США/ особу, зростанням надходжень від експорту товарів з 360 до 2000 дол. США/ особу, збільшення експорт послуг з 36 до 50 дол. США/особу.

Прогнозування розвитку екологічної сфери життєдіяльності середніх міст на ближню перспективу з використанням багатофакторної лінійної регресії (3) передбачає для м. Івано-Франківська збереження високого рівня розвитку цієї сфери (0,83) за рахунок скорочення викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел з 45,5 кг/особу до 40 кг/особу; для м.

Луцьк досягнення середнього рівня розвитку екологічної сфери(0,603) шляхом скорочення викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел з 58 до 50 кг/особу та збільшення площ зелених масивів і насаджень з 28,8 до 30 м<sup>2</sup>/особу ; для м. Мелітополя забезпечення середнього рівня розвитку(0,722) планується досягати за рахунок скорочення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел з 5,3 до 4 кг/особу; пересувних джерел з 4,8 до 4,0 кг/особу, збільшення площ зелених насаджень і масивів з 23,2 до 30 м<sup>2</sup>/особу; для м. Рівне досягнення середнього рівня розвитку (0,583) планується досягти шляхом скорочення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел з 11,68 до 5 кг/ особу, пересувних джерел з 45,5 до 40 кг/ особу та збільшення площ зелених масивів та насаджень з 22,9 до 30 м<sup>2</sup>/особу і збільшення капітальних інвестицій на поточні витрати на охорону навколишнього середовища з 12,5 до 100 грн/ особу (табл. 1).

Інтегральну оцінку сталого розвитку середніх міст здійснюємо за формулою, яка має вид:

$$ІСРМ = \frac{ІРСоцС * ІРЕконС * ІРЕколС}{3} \quad (4)$$

де: ІСРМ – інтегральний індекс сталого розвитку міста, одн.;

ІРСоц.С -індекс розвитку соціальної сфери, одн.;

ІРЕкон.С – індекс розвитку економічної сфери, одн.;

ІРЕкол.С – індекс розвитку екологічної сфери, одн.;

Як видно з табл. 1, у 2017 році середні міста досягли: Івано-Франківськ середнього рівня розвитку (0,687), Луцьк (0,485), Мелітополь (0,379), Рівне (0,492) нижче за середній рівень розвитку їх соціо-економіко-екологічних систем.

З метою покращення рівня розвитку міст на період 2025 року заплановано покращити для Івано-Франківська у соціальній сфері 2, у економічній 3, у екологічній 1 показник; для Луцька у соціальній сфері 3, економічній 2, екологічній 2; для Мелітополя у соціальній сфері 5, економічній 4, екологічній 3.; для Рівного соціальної сфері 4, економічній 3, екологічній 4, що дозволить досягти для Івано-Франківська високого рівня розвитку(0,753); для Луцька (0,619), Мелітополя (0,594), Рівного (0,679) середнього рівня розвитку їх соціо-економіко-екологічних систем.

#### Висновки

1. Дослідження і прогнозування сталого розвитку середніх міст доцільно здійснювати у три етапи, а саме: початковий, аналітично-розрахунковий, заключний.

2. Оцінку стану соціальної, економічної й екологічної сфер життєдіяльності середніх міст пропонується здійснювати за уніфікованою вимірювальною шкалою згідно якої індекси розвитку цих сфер оцінюються кількісно і якісно: 1,0-0,75 – високий; 0,749-0,50 – серед-

Таблиця 1

#### Інтегральні індекси сталого розвитку міст

Назва міст	2017 р					2025 р				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Івано-Франківськ	0,727	0,557	0,777	0,687	Середній рівень розвитку	0,795	0,634	0,83	0,753	Високий рівень розвитку
Луцьк	0,526	0,448	0,482	0,485	Нижче середнього рівня розвитку	0,736	0,519	0,603	0,619	Середній рівень розвитку
Мелітополь	0,224	0,343	0,57	0,379	Нижче середнього рівня розвитку	0,605	0,454	0,722	0,594	Середній рівень розвитку
Рівне	0,571	0,521	0,384	0,492	Нижче середнього рівня розвитку	0,826	0,627	0,583	0,679	Середній рівень розвитку

Примітка: 1 – індекс розвитку соціальної сфери, 2 – індекс розвитку економічної сфери, 3 – індекс розвитку екологічної сфери, 4 – кількісний показник ІСРМ, 5 – якісний показник ІСРМ.

ній; 0,499-0,25 – нижчий за середній; 0,249-0 – низький рівень.

3. Алгоритм побудови математичних моделей визначення індексів розвитку соціальної, економічної і екологічної сфер міст передбачає реалізацію наступних структурних елементів, а саме: проведення регресійного і кореляційного аналізів, перевірки адекватності математичних моделей, складання прогнозів розвитку

цих сфер та інтегрального індексу сталого розвитку міст.

4. Встановлено, що величини індексів розвитку соціально, економічної і екологічної сфер міст обумовлюються показниками стимуляторів і дестимуляторів і описуються математичними моделями, які мають вид багатфакторних лінійних регресій при коефіцієнтах детермінації від 0,841 до 0,921.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Прогнозування соціально-економічного розвитку району : питання теорії і методології / за ред. Є. І. Бойко. Львів : МАН України. Інститут регіональних досліджень, 2005. 234 с.
2. Моделі і методи соціально -економічного прогнозування / В. М. Гаєць та ін. Харків : «Інжек», 2005. 396 с.
3. Бойко Є. І., Грита Я. В. Проблемні питання прогнозування розвитку виробництва в регіоні. *Регіональна економіка*. 2004. № 2. С. 36–45.
4. Петрик О. І. Половнєв Ю. О. Аналіз чинників інформації прогнозування в Україні. *Економіка прогнозування*, 2003. № 1. С. 86–103.
5. Кондіус І. С. Алгоритм прогнозування соціо-еколого-економічного розвитку регіону. *Відтворення господарського комплексу регіону: методологія, механізми, інструменти* : матеріали міжнародної наук.-практ. конф. Чернівці : Книги XXI. Випуск 7. Т1, 2007. С. 86-90.
6. Аналіз і прогнозування розвитку регіону / под ред. Н.Г. Чумаченко. Київ : Наукова думка, 1991. 211 с.
7. Герасимчук З. В., Кондіус І. С. Теоретичні і прикладні засади прогнозування стійкого розвитку регіону : монографія. Луцьк : Надстир'я, 2010. 412 с.
8. Ковальчук П. І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища. Київ : Либідь, 2003. 208 с.
9. Системний аналіз і моделювання у розв'язанні проблем сталого розвитку територій / С. З. Поліщук та ін, Дніпропетровськ : Поліграфіст, 2001. 133 с.
10. Ляшенко І.М. Економіко- математичні методи і моделі сталого розвитку. Київ : Вища школа, 1999. 236 с.
11. Робертс Фред С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам. М. : Наука, 1986. 494 с.
12. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : навчальний посібник. Київ : КНЕУ, 2001. 170 с.
13. Ляшенко І. М. До методології еколого-економічного моделювання. *Економіка України*, 1999. № 6. С. 69–78.
14. Макроекономічне моделювання та короткострокове прогнозування / за ред. І. В. Крючкової. Харків : Форт, 2000. 336 с.
15. Севастьянов Л. И. Индикаторы социально-экономического развития регионов: методологические подходы к разработке. *Регион: экономика и социология*, 1996. № 1. С. 44–58.
16. Карпінський Б. А., Божко С. М. Продуктивність і сталий розвиток економіки. Львів : Логос, 2004. 274 с.
17. Вітлінський В. В. Моделювання економіки : навчальний посібник. Київ : КНЕУ, 2005. 408 с.

#### REFERENCES:

1. Boiko Ye. I. (Eds.). (2005). Prohnozuvannia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku raionu : pytannia teorii i metodolohii [Forecasting the socio-economic development of the district: issues of theory and methodology]. Lviv : MAN Ukrainy. Instytut rehionalnykh doslidzhen [in Ukrainian].
2. Haiets V. M., Klebanova T. S., Cherniak O. I., Ivanov V.V., Dubrovina N.A., Stavyskyi A.V. (2005). Modeli i metody sotsialno-ekonomichnoho prohnozuvannia [Models and methods of socio-economic forecasting]. Kharkiv : «Inzhek» [in Ukrainian].
3. Boiko Ye. I., Hryta Ya. V. (2004). Problemni pytannia prohnozuvannia rozvytku vyrobnytstva v rehioni [Problematic issues of forecasting the development of production in the region]. *Rehionalna ekonomika – Regional economy*. 2, 36–45 [in Ukrainian].
4. Petryk O. I. Polovnov Yu. O. (2003). Analiz chynnykiv informatsii prohnozuvannia v Ukraini [Analysis of forecasting information factors in Ukraine]. *Ekonomika prohnozuvannia – Economics of forecasting*. 1, 86–103 [in Ukrainian].
5. Kondius I. S. (2007). Alhorytm prohnozuvannia sotsio-ekoloho-ekonomichnoho rozvytku rehionu [Algorithm for forecasting socio-ecological and economic development of the region]. *Vidtvorennia hospodarskoho kompleksu rehionu: metodolohiia, mekhanizmy, instrumenty – Reproduction of the economic complex of the region: methodology, mechanisms, tools* : materialy mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. Chernivtsi : Knyhy XXI. Vypusk 7. T1, 86–90 [in Ukrainian].



6. Chumachenko N.H. (Eds.). (1991). Analiz i prognozirovanie rozvitiya regiona [Analysis and forecasting of the development of the region]. Kyiv : Naukova dumka [in Russian].
7. Herasymchuk Z. V., Kondius I. S. (2010). Teoretychni i prykladni zasady prohnozuvannya stiikoho rozvytku rehionu [Theoretical and applied principles of forecasting the sustainable development of the region]. Lutsk : Nadstyria [in Ukrainian].
8. Kovalchuk P. I. (2003). Modeliuvannya i prohnozuvannya stanu navkolyshnoho seredovyscha [Modeling and forecasting of the state of the environment]. Kyiv : Lybid [in Ukrainian].
9. Polishchuk S. Z., Volodarenko V. O., Chornobrovina N. A., Riabko A.I. (2001). Systemnyi analizi modeliuvannya u rozviazanni problem staloho rozvytku terytorii [System analysis and modeling in solving problems of sustainable development of territories]. Dnipropetrovsk : Polihrafist [in Ukrainian].
10. Liashenko I. M. (1999). Ekonomiko-matematychni metody i modeli staloho rozvytku [Economic and mathematical methods and models of sustainable development]. Kyiv : Vyshcha shkola [in Ukrainian].
11. Roberts Fred S. (1986). Diskretnyye matematicheskie modeli s prilozheniyami k sotsialnyim, biologicheskim i ekonomicheskim zadacham [Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological and Economic Problems]. M. : Nauka [in Russian].
12. Yerina A. M. (2001). Statystychni modeliuvannya ta prohnozuvannya [Statistical modeling and forecasting]. Kyiv : KNEU [in Ukrainian].
13. Liashenko I. M. (1999). Do metodolohii ekoloho-ekonomichnoho modeliuvannya [To the methodology of ecological and economic modeling]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 6, 69–78 [in Ukrainian].
14. Kriuchkova I. V. (Eds.). (2000). Makroekonomichne modeliuvannya ta korotkistrokove prohnozuvannya [Macroeconomic modeling and short-term forecasting]. Kharkiv : Fort [in Ukrainian].
15. Sevastyanov L. I. (1996). Indikatoryi sotsialno-ekonomicheskogo rozvitiya regionov: metodologicheskie podhodi k razrobotke [Indicators of socio-economic development of regions: methodological approaches to development]. *Region: ekonomika i sotsiologiya – Region: economics and sociology*. 1, 44–58 [in Russian].
16. Karpinskyi B. A., Bozhko S. M. (2004). Produktyvnist i stalyy rozvytok ekonomiky [Productivity and sustainable development of the economy]. Lviv : Lohos [in Ukrainian].
17. Vitlinskyi V. V. (2005). Modeliuvannya ekonomiky [Modeling of the economy]. Kyiv : KNEU [in Ukrainian].