

# Алгоритми Охоплення Даних для Підвищення Економічної Ефективності й Експорту Держави та її Регіонів

Василь Горбачук  
Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова  
Національна академія наук України  
Київ, Україна  
GorbachukVasyl@netscape.net

Максим Дунаєвський  
Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова  
Національна академія наук України  
Київ, Україна  
[MaxDunaievskiy@gmail.com](mailto:MaxDunaievskiy@gmail.com)

Сеїт-Бекір Сулейманов  
Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова  
Національна академія наук України  
Київ, Україна  
SBSuleimanov@kse.org.ua

## Data Envelopment Algorithms to Increase Economic Efficiency and Export of Nation and Its Regions

Vasyl Gorbachuk  
V.M.Glushkov Institute of Cybernetics  
National Academy of Sciences of Ukraine  
Kyiv, Ukraine  
GorbachukVasyl@netscape.net

Maxym Dunaievskiy  
V.M.Glushkov Institute of Cybernetics  
National Academy of Sciences of Ukraine  
Kyiv, Ukraine  
[MaxDunaievskiy@gmail.com](mailto:MaxDunaievskiy@gmail.com)

Seit-Bekir Suleimanov  
V.M.Glushkov Institute of Cybernetics  
National Academy of Sciences of Ukraine  
Kyiv, Ukraine  
SBSuleimanov@kse.org.ua

**Анотація**—Досліджено економічну ефективність з погляду територіально-адміністративних одиниць. Запропоновано підхід динамічної переоцінки для досягнення вищого рівня випуску за рахунок кращого розміщення ресурсів виробництва кожним регіоном. Запропоновано, удосконалено та продемонстровано алгоритм динамічного розрахунку цільової структури товарного експорту. Знайдено таку структуру для України, Одещини та Закарпаття на даних 2006–2016 рр. Незважаючи на більшу диверсифікацію, ця структура для Одещини дає гірший результат, ніж для України в цілому. Більшому експорту відповідає спеціалізація на провідних групах світового експорту. Ці групи характеризуються вищими ризиками. Ці групи характеризуються вищими ризиками і кадровими вимогами. Така спеціалізована структура для Закарпаття дозволяє збільшити його експорт на понад 10%.

**Abstract**—The economic efficiency has been elaborated from the perspective of territorial-administrative units. The approach of dynamic reassessment for achieving higher level of output is described as a result of better allocation of production resources by each region. The algorithm of target structure dynamic computing for commodity export has been suggested, improved and demonstrated. Such a structure for Ukraine, Odeshchyna and Zakarpattya has been found on the 2006–2016 data. Despite of a wider diversification, this structure for Odeshchyna gives worse result than for Ukraine as a whole. A larger export corresponds to specialization on the leading world export groups. Those groups are characterized by higher risks and personnel requirements. Such a specialized structure for Zakarpattya allows its export growth by above 10%.

**Ключові слова**—оптимальна структура, товарний експорт, міжнародна торгівля, економічне зростання.

**Keywords**—optimal structure, commodity export, international trade, economic growth.

## I. ВСТУП

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України веде моніторинг соціально-економічного розвитку регіонів за переліком показників оцінки, наведених у додатку 1 до постанови Кабінету Міністрів України від 21.10.2015 № 856 «Про затвердження Порядку та Методики проведення моніторингу та оцінки результативності реалізації державної регіональної політики» [1]. Рейтинг соціально-економічного розвитку міст України оприлюднював неурядовий аналітичний центр «Інститут реформ» за підтримки Асоціації агенцій регіонального розвитку України. «Інститут реформ» також публікував інвестиційний рейтинг регіонів України. Рейтинг інвестиційної привабливості регіонів України публікувала громадська організація «Інститут економічних досліджень та політичних консультацій», яка оприлюднює експортні профілі областей України за підтримки Програми «Лідерство в економічному врядуванні» (ЛЕВ) Агентства США для міжнародного розвитку (United States Agency for International Development, USAID). Індекси конкурентоспроможності регіонів України публікував фонд «Ефективне управління». Рейтингове агентство «Євро-Рейтинг» оприлюднює рейтинги міст і регіонів України. Регіональний рейтинг «Ведення бізнесу» (Doing Business, започаткований Світовим банком) для України поширює Офіс ефективного регулювання (Better Regulation Delivery Office, BRDO) за підтримки ініціативи EU4Business Європейського Союзу.

Питаннями експорту України займається низка організацій [2]: Рада експортерів та інвесторів при Міністерстві закордонних справ України ([rei.mfa.gov.ua](http://rei.mfa.gov.ua)), до складу якої входять десятки торговельних палат, спілок, ділових рад, бізнес-асоціацій і підприємств; Рада експортерів ([www.ukrexport.gov.ua](http://www.ukrexport.gov.ua)) і Рада (Офіс) з просування експорту (Export Promotion Office) ([epo.org.ua](http://epo.org.ua)) при Міністерстві економічного розвитку і торгівлі України; державні підприємства «Державний інформаційно-аналітичний центр моніторингу зовнішніх товарних ринків» («Держзовнішінформ», [dzi.gov.ua](http://dzi.gov.ua)) та «Укрпромзовнішекспертиза» ([www.expert.kiev.ua](http://www.expert.kiev.ua)); Асоціація експортерів і імпортерів «ЗЕД» ([zed.ua](http://zed.ua)); Рада з питань експорту продовольства ([www.ukrainian-food.org](http://www.ukrainian-food.org)).

## II. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕГІОНІВ

У ході державного проекту «Створення на базі вітчизняного суперкомп'ютера засобів аналітичної підтримки супроводження етапів бюджетного процесу», який спільно виконували Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України та ряд інших організацій, були обчислені поквартальні характеристики реального та грошового ринків для

кожного регіону України протягом періоду економічного зростання. На кризу першою відреагувала будівельна галузь України, що мотивувало дослідження виробничих функцій – функцій Кобба–Дугласа. Для регіонів України використано показники Державної служби статистики України про середньомісячну нараховану заробітну плату (wage)  $W$  в розрахунку на одного штатного працівника, капітальні (capital) інвестиції  $C$ , реалізовану промислову продукцію (виробництво промисловості, production of industry)  $PI$ , виробництво послуг (production of services)  $PS$  за перший квартал 2017 р. (2017:I) та перше півріччя 2017 р. (2017:II), а також населення (population)  $P$ .

Щоб перейти до функцій Кобба–Дугласа в розрахунку на особу (працівника), обчислимо значення праці (labor) як  $L = 3W$  для 2017:I та  $L = 6W$  для 2017:II, капіталу

$K = \frac{C}{P}$ , виробництва промисловості та послуг

$PIS = \frac{PI + PS}{P}$ . Тоді для оцінювання параметрів  $\alpha$ ,  $\beta$ ,

$\gamma$  функції Кобба–Дугласа 2017:II  $PIS = \gamma K^\alpha L^\beta$  на крос-секційних (cross-section) регіональних даних за кожний квартал є всі дані, а оцінювання можна здійснювати за допомогою MS Excel, використовуючи рівносильний вираз  $\ln PIS = \ln \gamma + \alpha \ln K + \beta \ln L$ . Для вимірювання ефективності достатньо обмежитися значеннями похибки лінійної регресії: більше значення похибки відповідатиме вищій економічній ефективності (більшому виходу  $PIS$  та/або меншим входам  $K$  і  $L$ ).

У періодах 2017:I та 2017:II лише 3 регіони – Київ, Київщина, Донеччина – мали зарплату, вищу середньої по Україні, але при цьому Донеччина не мала значення виробництва промисловості та послуг на душу населення, вищого середнього по Україні: значення виробництва промисловості та послуг на душу населення, вищі середнього по Україні, мали 6 промислових регіонів – Дніпропетровщина, Київ, Полтавщина, Запоріжчина, Харківщина, Київщина. Проте Київ і Київщина не мали значення показників економічної ефективності, вищі середнього по Україні: значення показників економічної ефективності, вищі середнього по Україні, мали 8 агропромислових регіонів [1] – Полтавщина, Дніпропетровщина, Запоріжчина, Харківщина, Донеччина, Черкащина, Сумщина, Вінниччина. Таким чином, підтверджується ефективність агропромислового виробництва товарів і послуг з високою доданою вартістю (високотехнологічного виробництва) у багатьох регіонах.

На прикладі міст і районів ряду регіонів України – Дніпропетровщини, Запоріжчини, Одещини, Полтавщини [3], Харківщини, Львівщини [4], Києва [5] – показано роль людського капіталу для економічної ефективності. Вищий рівень людського капіталу веде до вищої економічної та еколого-економічної ефективності. Крім того, належний людський капітал потрібен для розвитку інноваційних

спроможностей, оснований на сучасних освіті, науці, індустріальній організації.

### III. ЦІЛЬОВА СТРУКТУРА ЕКСПОРТУ

За даними Міжнародного центру торгівлі, загальний світовий експорт істотно знижується за основними групами товарів (відповідно до класифікації Гармонізованої системи), починаючи з 2014 р. У 2016 р. загальний світовий експорт став меншим рівня кризового 2008 р., що є ознакою нової світової кризи, свідченням глобалізації та ролі України [2]. Світові торгівельні потоки все більше нагадують складну динамічну павутину, що потребує відповідних засобів своєї обробки і візуалізації [6–10].

Позначимо  $E_t^k$  та  $U_t^k$  експорт світу та експорт України (млн. дол.) відповідно за групою  $k=1, \dots, 99$ . Нехай значенню  $U_t^k (WU_T^k)$  експорту України відповідає найбільша (за роки  $t=2006, \dots, 2016$ ) частка

$$WU_T^k \equiv WU_{T(k)}^k = \max_{t=2006, \dots, 2016} \frac{U_t^k}{E_t^k} \text{ експорту України від}$$

$$\text{світового (world); } E_t^0 = \sum_{k=1}^{99} E_t^k.$$

$$\text{Помітно знижується частка (share) } SW_t^k = \frac{E_t^k}{E_t^0} \text{ колись}$$

найбільшої товарної групи  $k=27$  (палива мінеральні; нафта і продукти її перегонки; бітумінозні речовини; воски мінеральні).

Перенумеруємо у порядку строгого зростання номерів  $j=1, 2, 3, \dots$  наведено значення (у відсотках) частки

$$(\text{share}) S^k = \frac{U_t^k (WU_T^k)}{U_T^0} \text{ експорту даної групи в загальному}$$

експорті України. У сприятливому (для України) сценарії, коли для кожної такої групи експорт України дорівнює своїй рекордній частці від світового, для деякого номера

$$J \text{ мають місце нерівності } \sum_{j=1}^{J-1} S^j \leq 100 \leq \sum_{j=1}^J S^j \equiv S.$$

Для впорядкованих перших груп  $k=1, \dots, 99$  обчислимо значення рівноважної (equilibrium) частки

$$ES^k = \frac{100 \times S^k}{S} \text{ (у відсотках), а також значення}$$

$$EU^k = \frac{WU_{T(k)}^k \times E_{2016}^k \times 100}{S} \text{ експорту (млн. дол.) України}$$

за 2016 р. при сприятливому сценарії. При цьому сценарії загальний експорт України  $EU^0 = \sum_{j=1}^J EU^j$  на

$$\frac{45500 - 37825}{37825} = 20.29\% \text{ перевищує спостережуваний.}$$

Нехай  $R^k$  вимірює (у відсотках) відношення (ratio) експорту  $E_{2016}^k$  за 2016 р. до максимального (за роки  $t=2006, \dots, 2016$ ) експорту світу (у номінальних дол.) для кожної групи  $k$  товарів. Щоб побудувати сприятливий сценарій з урахуванням динаміки світових ринків, обчислимо модифіковані (modified) для 2016 р. частки

$$MS^j = S^j \times R^j, \quad j=1, 2, \dots, L, \quad \text{такі що}$$

$$\sum_{j=1}^{L-1} MS^j \leq 100 \leq \sum_{j=1}^L MS^j \equiv M, \quad L \geq J.$$

$$\text{Цільові частці } TS^j = \frac{100 \times MS^j}{M} \text{ групи } j=1, \dots, L$$

відповідає цільове значення

$$TU^j = \frac{WU_{T(j)}^j \times E_{2016}^j \times 100 \times R^j}{M} \text{ експорту (млн. дол.)}$$

України за 2016 р. при модифікованому сприятливому сценарії. При цьому сценарії цільовий загальний експорт

$$\text{України } TU^0 = \sum_{j=1}^L TU^j \text{ на } \frac{48850 - 37825}{37825} = 29.15\% \text{ за}$$

$L=62$  групами перевищує її спостережуваний у 2016 р. експорт за 99 групами. Досягнення цільового експорту України дозволило би збільшити її валовий внутрішній продукт (ВВП) на  $48.850 - 37.825 = 11.025$  млрд. дол., або на

$$\frac{11.025}{93.263} = 11.82\% \text{ відносно рівня ВВП } 93.263 \text{ млрд. дол. на}$$

2016 р. за даними WorldEconomicOutlook Міжнародного валютного фонду.

Аналогічні міркування можна провести для кожного регіону  $n$  України;  $U_t^k = \sum_n U_{tn}^k$  [2]. У сприятливому для

Одещини сценарії загальний експорт Одещини на  $\frac{1520 - 1411}{1520} = 7.18\%$  менший її спостережуваного у 2016 р. експорту. Це свідчить про гіршу структуру експорту Одещини порівняно з Україною і цілому.

Обчислимо частку  $SU_t^k$  (%) експорту  $U_t^k$  кожної товарної групи  $k=1, \dots, 99$  у загальному експорті  $U_t^0$  України за роками  $t=2006, \dots, 2016$ . Наближене (approximated) значення такої частки визначається як

$$ASU^k = \max_t SU_t^k. \text{Тоді сума (sum) цих наближених}$$

$$\text{часток дорівнює } S = \sum_{k=1}^{99} ASU^k. \text{Беручи до уваги природне}$$

$$\text{обмеження } \sum_{k=1}^{99} SU_t^k = 100, \quad t=2006, \dots, 2016, \text{ аналогічного}$$

обмеження слід очікувати для цільових (target) часток

товарних груп у загальному експорті України:  

$$\sum_{k=1}^{99} TSU_t^k = 100 \%, \text{ або } 1.$$

Якщо ціль – максимізація загального експорту України станом на 2016 р., то при заданих значеннях  $SW_{2016}^k$  для пошуку цільових досяжних значень  $TSU^k = TSU_{2016}^k$  пропонується алгоритм, який складається з таких кроків.

Крок 1. Перенумеруємо всі товарні групи  $k=1, \dots, 99$  у такому порядку  $j=1, \dots, 98$ , що  $SW_{2016}^j > SW_{2016}^{j+1}$ .

Крок 2. Визначаємо  $T = 100$ .

Крок 3. Обираємо початкове наближення

$$TSU_{2016n}^j = ASU_n^j = \max_t SU_{in}^j, \quad j=1, \dots, 99.$$

Крок 4. Якщо  $S_n = \sum_{j=1}^{99} TSU_{2016n}^j > 100$ , то визначаємо

$T = T - 1$  та обчислюємо  $TSU_{2016n}^T = \min_t SU_{in}^T$ . Для простоти вважаємо, що індекс  $t$ , де досягається  $\max_t SU_{in}^j$ ,

– це індекс  $t$ , де досягається  $\max_t WU_{in}^j$ . Аналогічно

нехай індекс  $t$ , де досягається  $\min_t SU_{in}^j$ , – це індекс, де досягається  $\min_t WU_{in}^j$ .

Крок 5. Якщо  $\Delta_n = \sum_{j=1}^{99} TSU_{2016n}^j - 100 > 0$ , то переходимо на крок 4, а в іншому випадку переходимо на крок 6.

Крок 6. Визначаємо  $TSU_{2016n}^T = ASU_n^T - \Delta_n$  і зупиняємося.

Досягнення цільового експорту України дозволило би збільшити її ВВП на  $46.697 - 37.825 = 8.872$  млрд. дол., або на  $\frac{8.872}{93.263} = 9.51\%$  відносно рівня ВВП 93.263 млрд. дол. Отже, зростання ВВП України, зростання ВВП України з темпом 10 % є реалістичним, доцільним і бажаним.

Алгоритм з кроків 1–6 знаходить величину загального спеціалізованого на товарних групах  $1, \dots, T$  досяжного експорту (млн. дол.) Закарпаття

$$U_{2016n}^0 = \sum_{j=1}^{T-1} E_{2016}^j \max_t WU_{in}^j + \sum_{j=T+1}^{99} E_{2016}^j \min_t WU_{in}^j + E_{2016}^T \left( \max_t WU_{in}^T - \Delta_n \right) = \sum_{k=1}^{99} TU_n^k = 1375.805.$$

Тоді загальний цільовий експорт Закарпаття

$$U_n^0 = \sum_{k=1}^{99} TU_n^k \text{ на } \frac{1375.805 - 1211.902}{1211.902} = 11.91\% \text{ більший}$$

спостережуваного експорту Закарпаття у 2016 р.

## ВИСНОВКИ

Для успішної децентралізації кожний з наявних 605 районів України (включаючи райони міст) має принаймні частково фінансувати певний вищий навчальний заклад (університет, академію, інститут, коледж, технікум, училище чи їхню філію), виходячи з інтересів свого соціально-економічного розвитку.

Серед 20 знайдених пріоритетних експортних груп України тільки 5 характеризуються тим, що їхня максимальна частка у загальному експорті України перевищує середньосвітову частку, – це групи 72, 73, 62, 26, 76. Отже, є потреби підготовки кадрів України, здатних успішно працювати на світових ринках. в умовах ризику й невизначеності.

## ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] В.М.Горбачук, О.С.Макаренко, М.С.Дунаєвський, В.І.Новодережкін, С.-Б.Сулейманов, “Вимірювання економічної ефективності регіонів України за перші квартали 2017 р.”,*Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку*, К.: Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, с. 258–260, 2017.
- [2] В.М.Горбачук, М.С.Дунаєвський, С.-Б.Сулейманов, “До динамічного розрахунку цільової структури товарного експорту України та її регіонів”,*Інфраструктура ринку*, вип. 16, с. 206–215, 2018.
- [3] В.М.Горбачук, П.Г.Неботов, В.І.Новодережкін, “Питання оптимальності змін середньої заробітної плати і капітальних інвестицій районів Полтавщини у 2015–2016 рр.”,*Інформатика та системні науки*, – Полтава: Полтавський університет економіки і торгівлі, с. 57–59, 2017.
- [4] В.М.Горбачук, А.І.Пілявський, В.О.Шевчук, “Зміни середньої виробничої ефективності районів Львівщини за 2015–2016 рр.”,*Інтеграція України у європейський та світовий фінансовий простір*, Львів: Університет банківської справи, с. 21–24, 2017.
- [5] В.М.Горбачук, В.В.Кулик, А.І.Пілявський, С.-Б.Сулейманов, “Комп’ютерний аналіз ефективності виробництва товарів і послуг у районах столиці України за 2016 р.”,*Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи)*, К.: КНУ імені Т.Шевченка, с. 26–29, 2017.
- [6] В.М.Горбачук, А.А.Сирку, С.-Б.Сулейманов, “Основи аналізу охоплення даних”,*Вісник Одеського національного університету. Економіка*, т. 22, вип. 1 (54), с. 178–182, 2017.
- [7] В.М.Горбачук, А.А.Сирку, С.-Б.Сулейманов, “Ірраціональність і раціональність у прийнятті рішень”,*Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії*, вип. 2 (08), ч. 2., с. 132–136, 2017.
- [8] В.М.Горбачук, А.А.Сирку, С.-Б.Сулейманов, “Моделі аналізу охоплення нестандартних даних”,*Комп’ютерна математика*, № 1, с. 63–72, 2017.
- [9] В.М.Горбачук, М.С.Дунаєвський, А.А.Сирку, С.-Б.Сулейманов, “Оптимізаційні питання оцінювання щільності на реальних даних”,*Штучний інтелект*, № 3-4, с. 101–110, 2017.
- [10] В.М.Горбачук, О.С.Макаренко, Є.Л.Самородов, М.С.Дунаєвський, А.А.Сирку, С.-Б.Сулейманов, “До інтегрованих систем візуалізації, аналізу та застосування часово-просторових даних”,*Глушковські читання*, К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», с. 35–37, 2017.