

І. П. Соловій, Я. В. Безик, Т. Я. Кулешник

Оптимізація землекористування після завершення вуглевидобутку у руслі політики сталого розвитку

Підходи екологічної економіки до економічної політики зумовлюють потребу її реформування в еколого-економічну політику, або ж, якщо виходити з її мети – у політику сталого розвитку. Розвиток гірничопромислових районів, як і інших територій, повинен відповідати пріоритетам політики сталого розвитку, з тим щоб забезпечити стале землекористування після завершення вуглевидобутку. Для визначення оптимального способу землекористування після завершення гірничих робіт запропоновано застосування методів багатокритеріальної оцінки, заснованих на математичних підходах. Обґрунтовано можливості комбінування, залежно від характеру проблеми, існуючих технік дослідження, на прикладі застосування методу багатокритеріального прийняття рішень (МБПР) поряд із методом аналізу ієрархій (МАІ), для отримання більш надійних результатів.

Ключові слова: *екологічна економіка, стале землекористування, методи багатокритеріальної оцінки, критерії оптимізації.*

Постановка проблеми. Модернізація системи управління регіональним розвитком в Україні вимагає формування адекватної викликам сьогодення державної політики розвитку територій, секторів економіки і громад на засадах сталого розвитку. Згідно з усталеною інтерпретацією таку політику розглядають як екологічну політику, що належить винятково до компетенції відомств з охорони довкілля. Цей підхід дещо вузько спрямований, оскільки складно провести межу між екологічною політикою та іншими політиками. Так, аграрна політика є до певної міри екологічною, те ж саме стосується й лісової, земельної чи транспортної політики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На думку П. Сьодербаума, термін політика екологічної сталості сьогодні більшою мірою відображає сутність державної політики у сфері охорони довкілля, ніж термін екологічна політика [10]. Підходи екологічної економіки до економічної політики зумовлюють потребу її реформування в еколого-економічну політику [6], або ж, якщо виходити з її мети – у політику сталого розвитку [3].

Розвиток гірничопромислових районів, як і інших територій, повинен відповідати пріоритетам політики сталого розвитку, з тим щоб забезпечити стале землекористування після завершення вуглевидобутку.

Мета статті діагностувати проблеми, що виникають внаслідок діяльності гірничодобувних підприємств та визначати шляхи забезпечення сталого розвитку для стабілізації стану територій після завершення гірничих робіт.

Виклад основного матеріалу. Вибір способу землекористування є складним та багатокритеріальним. Він потребує широкого міждисциплінарного рішення, який базується на надійних даних і методичних підходах. Для запобігання негативних наслідків закриття шахт можуть бути використанні різні методи аналізу способів землекористування після завершення видобутку. Серед них такі: метод власного вектора (eigenvector method); метод найменших квадратів (least-square method); метод ентропії (entropy method); метод аналізу ієрархій (analytical hierarchy process); лінійне програмування (linear programming); метод нечіткої логіки (fuzzy logic); метод багатовимірної аналізу переваг (techniques for multidimensional analysis of preference); метод багатокритеріального прийняття рішень (Multi-Attribute Decision-Making) [13]. Вибір способу залежить від характеру проблеми. Іноді через відсутність знань та інформації, обмеженої точності і в умовах невизначеності існуючі методи можуть поєднуватися.

МБПР є методом, який використовується для вирішення проблем, пов'язаних із вибором із числа запропонованих альтернатив [4]. Процедура МБПР передбачає п'ять основних етапів: 1. Визначення характеру проблеми; 2. Побудова системи ієрархії для її оцінки; 3. Вибір потрібної моделі оцінки; 4. Отримання відносної ваги і балів продуктивності кожної ознаки по відношенню до кожної альтернативи; 5. Визначення кращої альтернативи у відповідності із сенситивним значенням вигоди, яка є нагромадженим значенням відносних ваг і балів продуктивності кожної ваги [12].

МАІ використовується для отримання відносних ваг критеріїв допомогою парного порівняння між критеріями в ієрархічній системі. [12] і полягає у декомпозиції проблеми на простіші складові та подальшому опрацюванні міркувань осіб, які приймають рішення у вигляді попарних порівнянь [9]. Всі рішення проблеми розглядаються у вигляді ієрархічної структури в МАІ. Перший рівень вказує на мету для конкретної задачі прийняття рішень, на другому –

мета деталізується на декілька критеріїв, а нижні рівні можуть слідувати даному принципу розділяючи критерії на інші підкритерії [12]. На основі розробленої авторами [5; 8; 11] та доповненої нами ієрархічної структури аналізу сталого землекористування гіпотетичної шахти (*mined-land suitability analysis*) застосовуємо методику МБПР.

Ієрархічна модель складається з п'ятьох рівнів: I рівень – мета (ціль) оптимізації (стале землекористування); II рівень – критерії, які необхідно врахувати в процесі оптимізації; III рівень – ознаки даних критеріїв; IV рівень – альтернативні способи досягнення окресленої мети; V рівень – підальтернативи можливих способів землекористування. Побудована ієрархічна модель задачі вибору кращої альтернативи землекористування після завершення вуглевидобутку, пропонує широкий спектр потенціалу використання земель у Червоноградському гірничопромисловому районі після закриття вугільних шахт (рис. 1). Метою є досягнення сталого розвитку території гірничопромислового району після завершення вуглевидобутку. Оцінка критеріїв включає п'ять ефективних ознак, які формують третій рівень ієрархії.

Економічний критерій формується з таких ознак: витрати капітальні, операційні, технічне обслуговування та моніторинг, зміни доходів органів місцевої влади та мешканців, позитивні зміни у вартості нерухомості, надходження інвестицій, внутрішня норма дохідності.

Соціальний критерій включає умови життя населення, стан їхнього здоров'я, можливості зайнятості, соціальну політику влади, розвиток інфраструктури регіону.

Довкільний критерій описує кліматичні умови (температуру, швидкість вітру, опади), гідрологію поверхневих і підземних вод, геологію регіону, рельєф поверхні, фізичні та хімічні властивості ґрунтів.

Технічний критерій поєднує потенціал шахтних об'єктів, наявність машин та обладнання, технічних методів відновлення землекористування, технічні фактори, які включають у себе стан і масштаби зміни шахтних земель, відстань до спеціальних служб та сервісів.

Адміністративний критерій охоплює наявність кваліфікованих трудових ресурсів, керівників для виконання проекту, достатність бюджетного та регіонального потенціалу.

Серед можливостей досягнення сталого землекористування після завершення вуглевидобутку можна виділити альтернативні типи землекористування: сільське господарство, лісове господарство, водне

господарство, будівництво в т.ч. альтернативне використання шахтних об'єктів, рекреація і туризм, консервація шахти (комплекс робіт та заходів, пов'язаних із забезпеченням зберігання на визначений довготривалий час шахти), засипання шахти (в крайньому випадку захоронення відходів), змішане використання шахти для навчання, гірничорятувальних тренінгів.

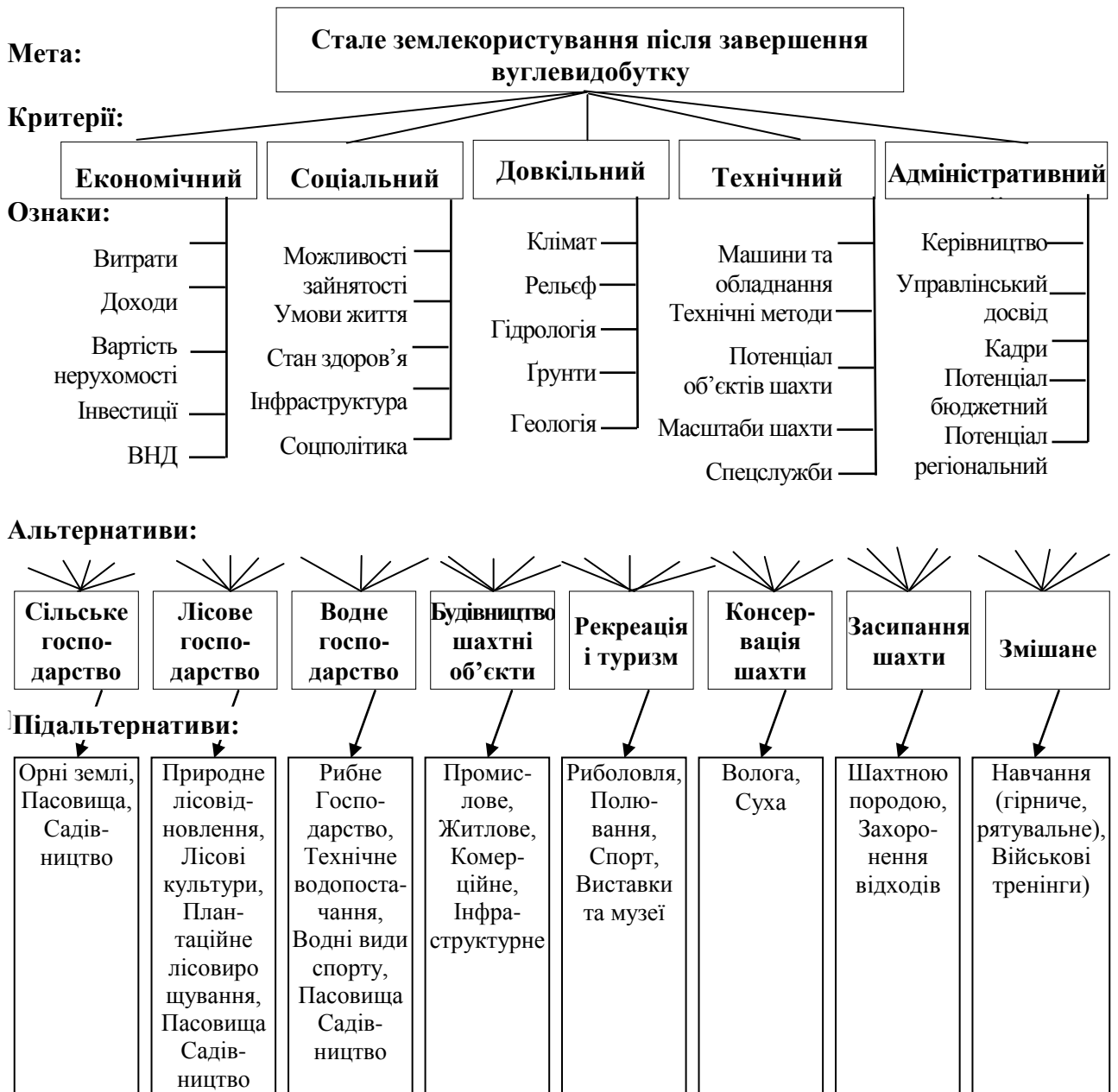


Рис. 1. Ієрархічна модель процесу досягнення сталого землекористування після завершення вуглевидобутку

Кожна група альтернатив у свою чергу може розділятися на більш низькі рівні, що склалися з таких підтипів землекористування (табл. 1).

Таблиця 1

Рівні альтернатив землекористування після завершення вуглевидобутку

Тип землекористування	Підтип землекористування
Сільське господарство	Орні землі Пасовища Садівництво
Лісове господарство	Природне лісовідновлення Лісові культури Плантаційне лісовирощування
Водне господарство	Рибне господарство Технічне водопостачання Водні види спорту
Будівництво, в т.ч. альтернативне використання шахтних об'єктів	Промислове Житлове Комерційне Інфраструктурне
Рекреація і туризм	Риболовля Полювання Спорт (водні види, лижний і т.д.) Музей гірничої справи
Змішане	Навчання (гірниче, рятувальне) Військові тренінги

Орієнтована на моделі СППР програма “*Expert Choice*” допомагає організувати пов’язану з проблемою комплексну інформацію в ієрархічну модель, яка складається з мети, можливих сценаріїв, критеріїв і альтернатив. Важливість критеріїв, переваги альтернатив і ймовірності сценаріїв оцінюються за допомогою методу попарних порівнянь (*pairwise comparisons*) [2]. Попарно порівнюють альтернативи за кожним із критеріїв, використовуючи шкалу Т.Л. Сааті (табл. 2) [1].

Таблиця 2

Оцінка відносної важливості альтернатив і критеріїв за шкалою Сааті

Рейтинг (оцінка в балах)	Опис (вербальний відповідник)	
	у випадку порівняння альтернатив	у випадку порівняння критеріїв
1	Однаково	Однаково важливо
3	Трохи краще	Трохи важливіше
5	Краще	Важливо
7	Набагато краще	Дуже важливо
9	Найкраще	Найважливіше

Відтак перевіряють логічну узгодженість оцінок експертів. Під час попарного порівняння критеріїв варто пам’ятати про показник невідповідності. Відповідний індекс повинен бути нижче, ніж 0,10, тоді прийнята структура МАІ вважається послідовною.

Представимо результати порівняння альтернатив землекористування після завершення вуглевидобутку, отриманих за допомогою СППР “*Expert Choice*” (рис. 2).

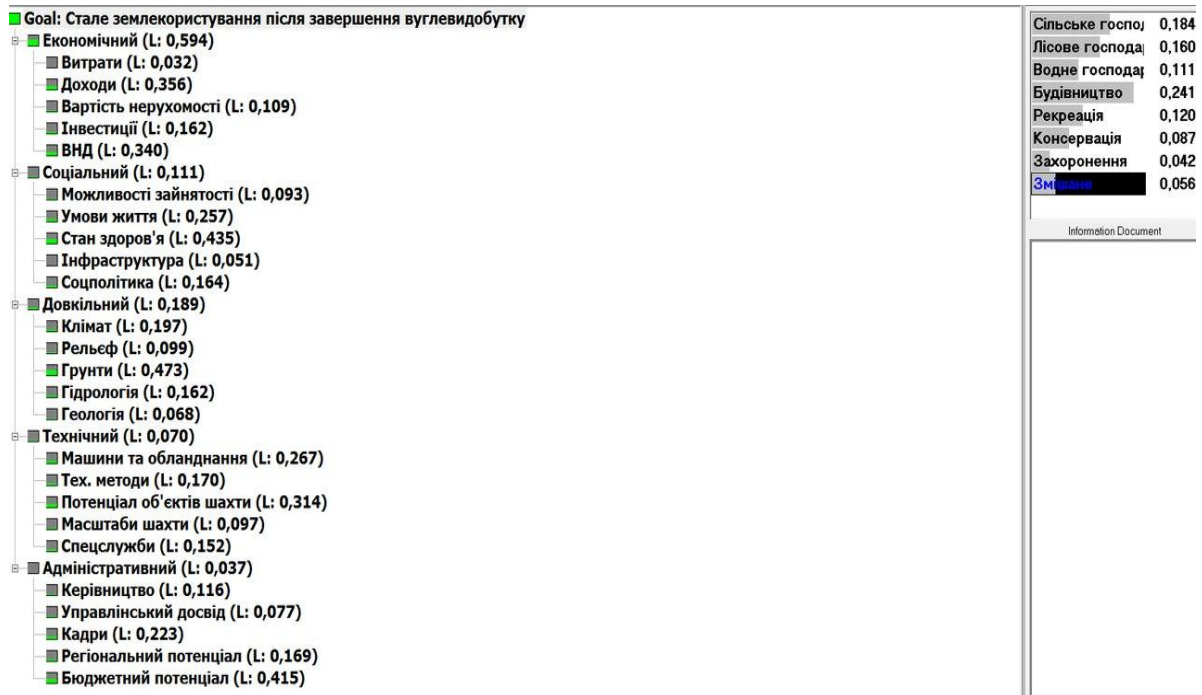


Рис. 2. “*Expert Choice 2000*”: побудова аналітичного ієрархічного процесу для визначення способів землекористування після завершення вуглевидобутку

Визначена нами пріоритетність критеріїв, відображена на рис. 2, показує, що найважливішим є економічний критерій, другий за значущістю – довкільний, третій – соціальний, наступні технічний та адміністративний.

Програма “*Expert Choice*” пропонує п’ять видів інтерактивних діаграм (рис. 3), які ілюструють чутливість результатів до зміни важливості обраних критеріїв і дозволяють виконувати моделювання безпосередньо на графіку.

Для детального аналізу розглянемо кожен графік. Показники чутливості (*Performance*) – вичерпне представлення рівня досягнення кожної з цілей (критеріїв) зокрема і всіх критеріїв загалом для кожної альтернативи (рис. 3).

Критерії (економічний, соціальний, довкільний, технічний, адміністративний) представлені на рис. 4 вертикальними смугами. Альтернативи землекористування відображаються у вигляді горизонтальних ліній графіків. Перетин ліній альтернатив на графіку з вертикальними стовпцями критеріїв, якщо читати з правого боку, вісь позначена Alt %, показує пріоритет альтернатив для даного критерію. Пріоритет критеріїв, якщо читати з лівого боку, на осі позначеній

*Оптимізація землекористування після завершення вуглевидобутку
у руслі політики сталого розвитку*

Crit %, представлений висотою їх стовпців. Загальний пріоритет кожної альтернативи, якщо читати з правого боку графіку, представлений загальною лінією (OVERALL). При зміні значимості критеріїв альтернативи зазнають змін.

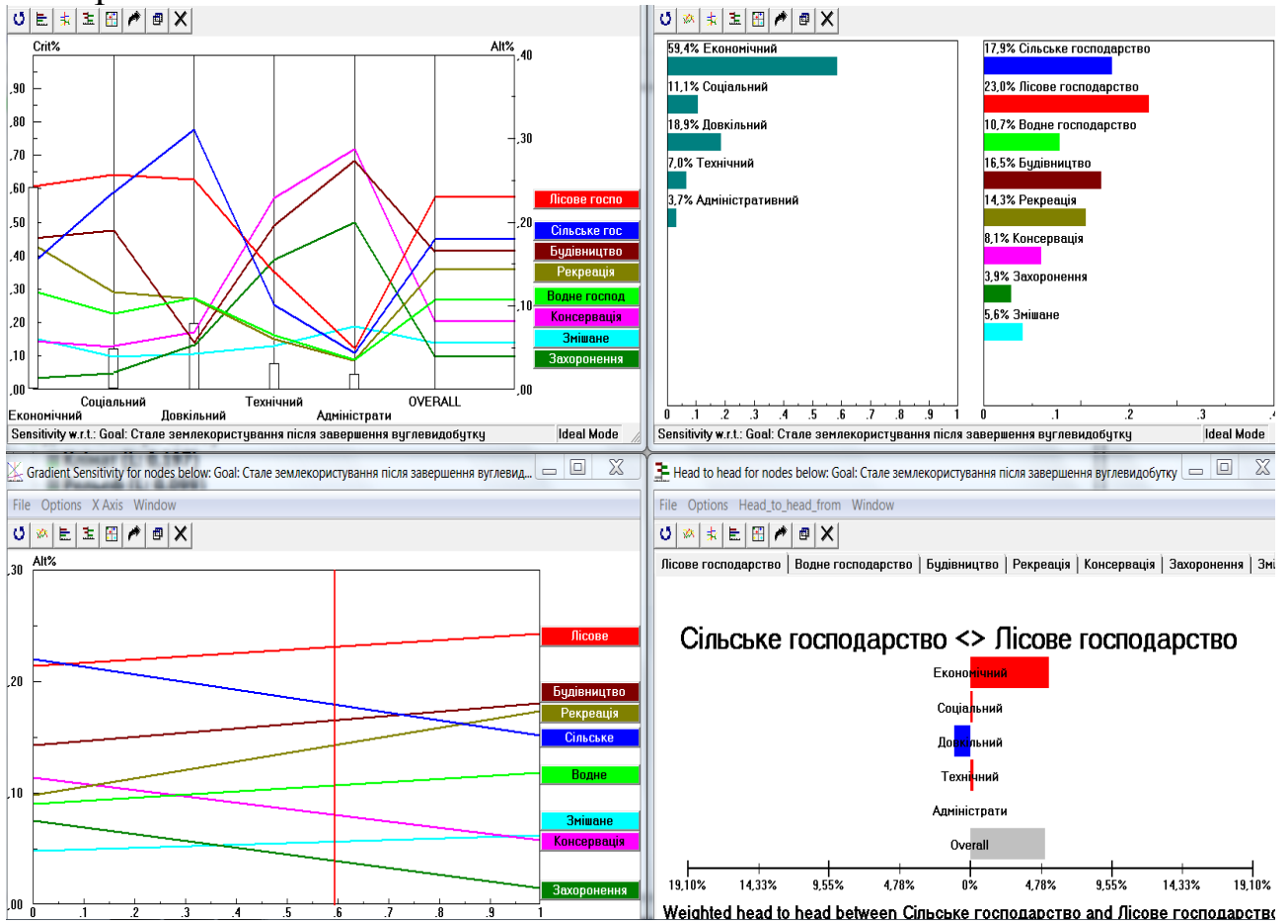


Рис. 3. “Expert Choice 2000”: аналіз чутливості результатів до зміни важливості обраних критеріїв

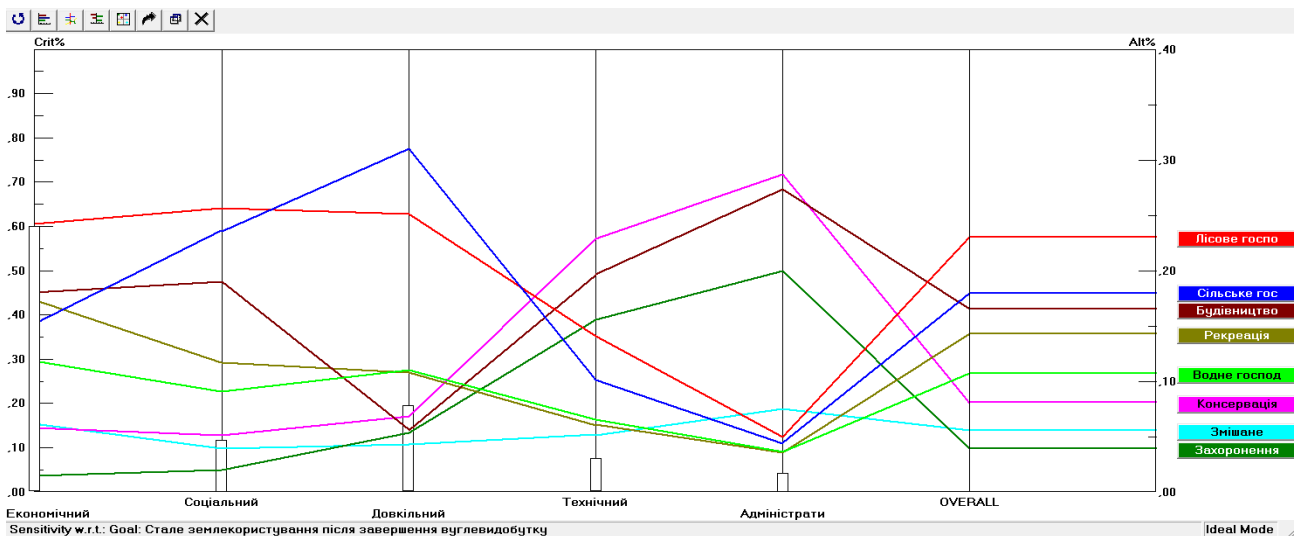


Рис. 4. Аналіз показників чутливості, пріоритети основних критеріїв відносно мети

З рис. 4 випливає, що найважливішим серед критеріїв, за якими визначається краща альтернатива сталого землекористування після вуглевидобутку є економічний (майже 60% ваги), наступний довкільний, за ним соціальний, далі технічний і найменш важливим є адміністративний.

Що стосується обраних альтернатив майбутнього землекористування після завершення гірничих робіт, то найкращим є лісове господарство. Найважливішу роль дана альтернатива відіграє для економічного і технічного критеріїв, а найменшу для довкільного. На другому місці альтернатива сільське господарство, яка найкращою є за довкільним критерієм, найменшим за адміністративним. Третє місце займає альтернатива – будівництво.

За економічним критерієм найкращими альтернативами є будівництво, лісове та сільське господарство, найгіршою – захоронення. За довкільним кращі – сільське, лісове господарство та рекреація, гірші – змішана альтернатива та захоронення. За соціальним критерієм ми знову спостерігаємо найкращі альтернативи за будівництвом, лісовим та сільським господарством. За технічним та адміністративним критеріями кращими є альтернативи будівництво та консервація.

Динамічна чутливість (*Dynamic*) – дозволяє відстежувати зміну пріоритетності альтернатив у відповідь на зміну декількох критеріїв (рис. 5).

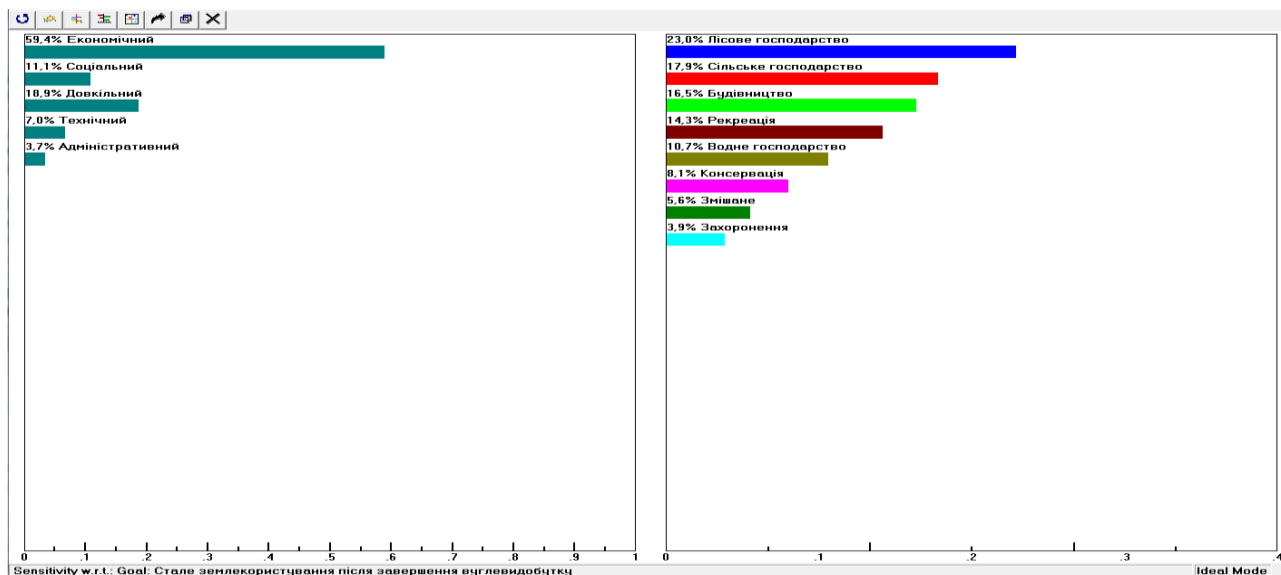


Рис. 5. Сенситивний аналіз динамічної чутливості пріоритетності альтернатив до зміни ваги критерію

Динамічний аналіз чутливості (рис. 5) дає змогу збільшити або зменшити пріоритет будь-якого критерію і побачити зміни

в пріоритетах альтернатив. Найважливішим серед описаних критеріїв є економічний (59,4%), довкільний (18,9%), соціальний (11,1%), технічний (7%), адміністративний (3,7%). Що стосується альтернатив то найкращою альтернативою майбутнього землекористування після завершення вуглеводобутку є лісове господарство (23,8%), наступна – сільське господарство (17,9%), будівництво в т.ч. використання шахтних об'єктів (16,5%) та рекреація (14,3%).

Градiєнтна чутливість (*Gradient*) – лінійне представлення зміни пріоритетності альтернатив зі зміною важливості критерію, відображеного на осі абсцис (рис. 6). Вертикальна лінія на рис. 6 показує пріоритет для обраного критерію (економічного). Косі лінії показують альтернативи для обраного критерію. Вирішальним результатом аналізу є отримання точки, де косі лінії перетинаються. Це так звана “компромісна точка”, яка показує найкращу альтернативу для обраного критерію.

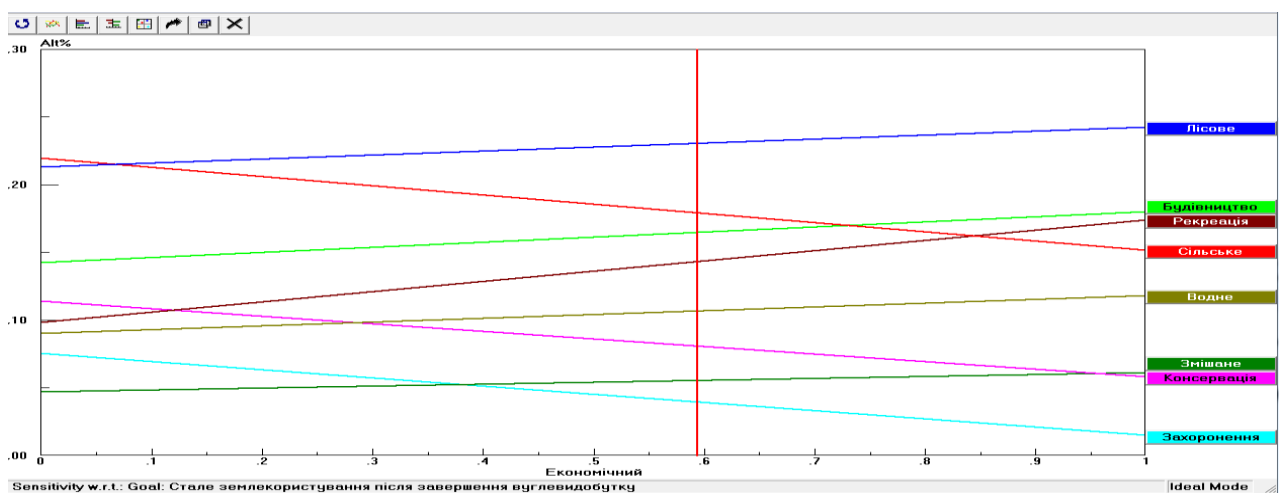


Рис. 6. Градієнтна чутливість зміни пріоритетності альтернатив до зміни ваги критерію

Кращим вважається пріоритет, де косі лінії альтернатив перехрещують вертикальну лінію критерію. У нашому випадку косі лінії перетинаються за межами обраного нами економічного критерію і далеко від найкращого пріоритету, можливо, необхідною є зміна ваги критерію. Рухаючи вертикальну лінію вправо чи вліво можна візуалізувати, що відбувається з альтернативами на різних рівнях пріоритету критерію.

Двовимірне представлення чутливості (*2D Plot*) – відображає ефективність альтернатив у досягненні цілей, зазначених на осях (рис. 7).

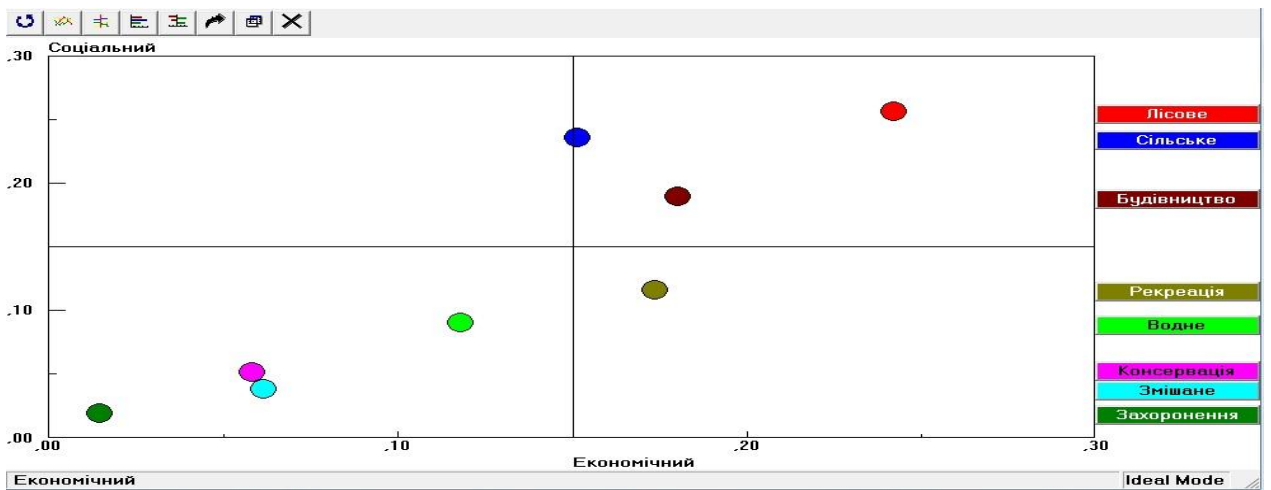


Рис. 7. Двомірне представлення чутливості альтернативи відносно соціального та економічного критеріїв

На рис. 7 показано наскільки добре виконуються альтернативи стосовно до будь яких 2-х критеріїв, у нашому випадку – соціального та економічного. Круги – альтернативи землекористування після завершення вуглевидобутку. Найкращими повинні бути альтернативи, які розташовані у верхньому лівому та у правому нижньому квадрантах графіка. Вони вказують ключові компроміси. Як випливає з графіка, найкращим компромісом для соціального та економічного критерію могло б стати сільське господарство та рекреація.

Порівняльна чутливість (*Difference*) – одна альтернатива порівнюється з рештою альтернатив (зважування різниці) (рис. 8).

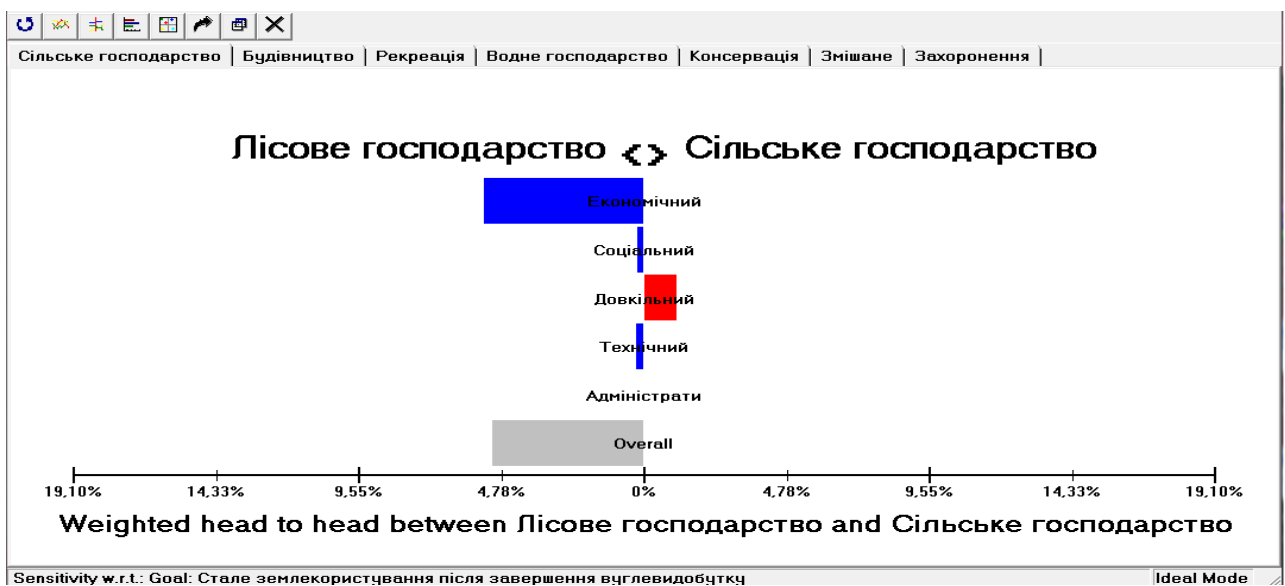


Рис. 8. Порівняльна чутливість пріоритету альтернатив будівництво та сільське господарство

Порівняльний граф показує різницю між пріоритетами двох альтернатив, взятих одночасно стосовно до всіх критеріїв (рис. 8). Коли немає зважування, критерії розглядаються як такі, що мають рівні пріоритети для альтернатив. Найбільша вага альтернативи будівництво в економічному, технічному критеріях. Що стосується сільського господарства, то найбільша вага довкільного критерію становить 2,2%. Щодо соціального критерію, то альтернативи будівництво та сільське господарство мають близьку вагу.

Проаналізуємо підальтернативи землекористування після завершення вуглевидобутку (табл. 1). Результати проілюстровано за допомогою графіка динамічної чутливості пріоритетності субальтернатив (підтипів землекористування) до зміни ваги критерію (рис. 9).

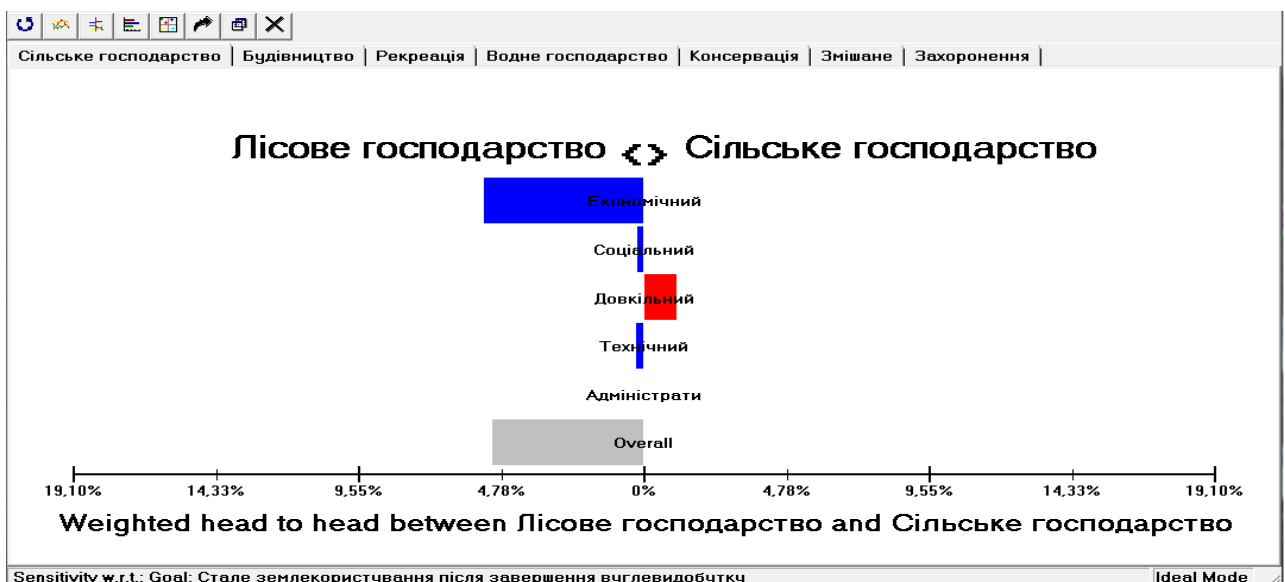


Рис. 9. Сенситивний аналіз динамічної чутливості пріоритетності підальтернатив до зміни ваги критерію

Динамічний аналіз чутливості (рис. 9) показує, що при незмінності ваги критеріїв для типів і підтипів землекористування, найкращою альтернативою залишається лісове господарство, тобто заліснення. Наступним землекористуванням може стати облаштування музеїв та виставок гірничої справи. Далі за рейтингом ідуть варіанти сільського та лісового господарства: орні землі та природне лісовідновлення. Іншими можливими варіантами можуть стати різні види будівництва (промислове, житлове, інфраструктурне) та навчання (гірниче, рятувальне). Крайнім варіантом, найбільш неприйнятним є захоронення відходів у виробленому підземному просторі шахт.

Висновки. Щоб відповідати вимогам політики сталого розвитку, гірничодобувний об'єкт повинен зменшувати вплив на довкілля впродовж всього життєвого циклу, від розвідки, видобутку і переробки, до рекультивації земель порушених гірничими роботами. Сучасне планування сталого землекористування після завершення гірничих робіт не може обмежуватись заходами щодо закриття шахт чи завершення гірничих робіт, а опирається на розроблення та реалізацію пріоритетів політики довготермінового сталого землекористування після завершення видобутку.

Список використаних джерел

1. Загвойська Л.Д. Методичні рекомендації до розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації методом аналізу ієрархій. – Львів: НЛТУ, 2012.
2. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень. – К. : КНЕУ, 2004. – 614 с.
3. Соловій І.П. Політика сталого розвитку лісового сектора економіки : парадигма та інструменти : монографія / І.П.Соловій. – Львів : РВВ НЛТУ України, Видавництво ТзОВ “Ліга-Прес”, 2010. – 368 с.
4. Adam, F., Humphreys, P. Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies. United States of America: Information Science, 2008.
5. Bangian A.H., Ataei M., Sayadi A., Gholinejad A.: Fuzzy analytical hierarchy processing to define optimum post mining land use for pit area to clarify reclamation costs, 2005.
6. Daly H.E. Ecological Economics: Principles and Applications/ H.E. Daly, J. Farley. – Island Press, 2003. – 428 p.
7. Expert Choice. [Electronic source]. Available from: <http://www.expertchoice.com/>
8. Narrei S, Osanloo M. Post-Mining Land-Use Methods Optimum Ranking, Using Multi Attribute Decision Techniques with Regard to Sustainable Resources Management. OIDA International Journal of Sustainable Development, 2011.
9. Saaty T.L. Fundamentals of decision making and priority theory. – Pittsburgh: RWS Publication, 1994.
10. Söderbaum P. Ecological Economics. A Political Economics Approach to Environment and Development / P. Söderbaum // Earthscan, London, 2000. – 152 p.
11. Soltanmohammadi, H., M. Osanloo and A.B. Aghajani, 2010. An analytical approach with a reliable logic and a ranking policy for post-mining land-use determination, Land Use Policy, 27: 364-372.

12. Tzeng, G. H. Huang, J. J., (2011). Multiple Attribute Decision Making methods and Applications. United States of America: CRC Press, Taylor & Francis Group.
13. Ustinovichius, L. Methods of determining objective, subjective and integrated weights of attributes. Int. J. Management and Decision Making, 2007, – 540-554.

Soloviy I. P., Bezyk Y. V., Kuleshnyk T. Y. Optimization of land tenure after the coal mining in the mainstream of sustainable development policy.

Ecological economics approach to environmental policy determine the need of its reform in the ecologically economic policy, or, judging from its goal – the sustainable development policy. The development of mining areas, as well as other land uses must meet the priorities of sustainable development in order to ensure post-mining sustainable land use. To determine the best way of land use after the mining operations, the use of multi-criteria evaluation methods based on mathematical approaches is proposed. To obtain more reliable results, depending on the nature of the problem, existing techniques of research, the application of the method of multi-criteria decision making (MBPR) along with the analytic hierarchy process (AHP) different combination possibilities are substantiated.

Key words: environmental economics, sustainable land use, methods of multicriteria evaluation, optimization criteria.

Соловий І. П., Безик Я. В., Кулешник Т. Я. Оптимізація землепольовання после завершения угледобычи в русле политики устойчивого развития.

Подходы экологической экономики к экологической политике обуславливают потребность ее реформирования в эколого-экономическую политику, или же, если исходить из ее целей – в политику устойчивого развития. Развитие горнопромышленных районов, как и других территорий, должно соответствовать приоритетам политики устойчивого развития, с тем чтобы обеспечить устойчивое землепользование после завершения угледобычи. Для определения оптимального способа землепольования после завершения горнодобывающих работ предложено применение методов многокритериальной оценки, основанных на математических подходах. Обоснованы возможности комбинирования в зависимости от характера проблемы, существующих методов исследования, на примере применения метода многокритериального принятия решений (ММПР) наряду с методом анализа иерархий (МАИ), для получения более надежных результатов.

Ключевые слова: экологическая экономика, устойчивое землепольование, методы многокритериальной оценки, критерии оптимизации.