УДК 631.6:626.8:528.88

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ СУПУТНИКОВОЇ ТА НАЗЕМНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ЕКОЛОГО-МЕЛІОРАТИВНОМУ МОНІТОРИНГУ

О. В. ВЛАСОВА, кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник відділу водних ресурсів
Інститут водних проблем і меліорації НААН України
E-mail: elena_vl2001@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/bio2018.03.020>

Актуальність досліджень полягає в удосконаленні еколого-меліоративного моніторингу за рахунок використання непрямих методів оцінок до яких залучаються різні види інформації, зокрема супутникова. Наземна та супутникова інформації потребують оптимального ступеня упорядкування. Тому метою досліджень є розроблення теоретичних основ взаємозамінювання супутникової та наземної інформації.

Для побудови теорії взято гіпотетико-дедуктивну модель, яка на сьогоднішній день є загальноприйнятною. Модель має два рівні: емпіричний і теоретичний. На емпіричному рівні проаналізовано факти інформаційного взаємозамінювання супутникової та наземної інформації в еколого-меліоративному моніторингу періоду 2000 – 2010 рр. Таких фактів не виявлено. У період 2010 – 2018 рр. під час оцінювання екологічного стану меліорованих земель Лісостепової і Степової зон України використувалася супутникова інформація.

На теоретичному рівні висунуто гіпотезу, здійснено пошук пояснювальної схеми фактів і проблем, виконано побудову теорії. Встановлено, що на теоретичному рівні розроблена теорія взаємозамінності відповідає всім функціям гіпотетико-дедуктивної моделі.

Доведено, що рівень взаємозамінності супутникової і наземної інформації визначає коефіцієнт взаємозамінності, який має бути менше, або дорівнювати 1. Якщо коефіцієнт більше 1, то система є повністю взаємозамінною і являє собою вже зовсім іншу систему оцінювання.

Розроблена теорія спрямована на досягнення оптимального ступеня упорядкування інформації та доповнює найбільш використовувані у системі «Землеробство» теорії: складних систем, економічної, багатокритеріальної оптимізації.

Ключові слова: еколого-меліоративний моніторинг, супутникова та наземна інформація, оцінювальні показники, теорія взаємозамінності, коефіцієнт взаємозамінності

Актуальність. Відповідно до Закону України «Про меліорацію земель», Водного та Земельного кодексів України, а також постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» здійснюється чинний еколого-меліоративний

моніторинг (ЕММ) меліорованих земель. Але на сьогоднішній день його практична реалізація має проблеми, які пов'язані зі зменшенням обсягів моніторингових робіт, скороченням мережі спостережень, неконтрольованого вилучення з меліоративного освоєння земель, що зменшує роль ЕММ. Разом із цим, своєчасне вияв-

лення реакції складових довкілля на природні процеси та антропогенне навантаження, залишається задачею актуальною. Тому виникла необхідність у пошуку альтернативних методологічних підходів, пов'язаних із веденням моніторингових робіт, особливо на регіональному рівні.

У чинному ЕММ використовуються різні види узагальнених оцінок, що характеризують стан територій, зокрема: екологічний стан ґрунтів, стійкість агроландшафтів, еколого-меліоративний стан земель, еколого-меліоративна стійкість територій тощо. Між тим наземні дані спостережень є незамінними під час вимірювання низки окремих показників і дають змогу отримувати об'єктивну оцінку територій. Проте у разі виконання у повному обсязі моніторингових робіт це може виконувати лише добре оснащена, фінансово і матеріально підсилена служба. За інших умов для досліджень стану територій актуальним є використання непрямих методів оцінок до яких залучаються різні види інформації, зокрема супутникова.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Швидкий розвиток високих технологій останніх років надав змогу науковцям безкоштовно, у вільному доступі, використовувати дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для спостереження за екологічним станом меліорованих земель на будь-якому просторово-часовому рівні. З'явилися наробітки з використання супутникової інформації і у задачах ЕММ [1, с. 40-50]. Разом з цим, виникла проблема необхідності досягнення оптимального ступеня упорядкування різномірної інформації і оцінювальних показників при веденні моніторингових робіт. Тому особливої актуальності набуло питання розроблення теоретичних основ взаємозамінювання супутникової та наземної інформації в ЕММ та їх практичній реалізації.

Взаємозамінність використовується у задачах метеорології і стандартизації [2, с. 2],

екологічних оцінках сільськогосподарських культур за даними ДЗЗ [3, с. 1001-1008]. Проте для задач еколого-меліоративного моніторингу автором запропоновано вперше. Взаємозамінність як теорія є найбільш розвинутою формою організації наукового знання, дає цілісне уявлення про закономірності та існуючі зв'язки області дійсності. Основи теорії узгоджуються з методами наукового пізнання [4, с. 1-263].

Мега досліджень полягає у розробленні теоретичних основ взаємозамінювання супутникової та наземної інформації в ЕММ.

Матеріали та методи досліджень. Побудова теорії ґрунтується на дедукції. Особливість дедукції як методу пізнання полягає в тому, що від істинних посилок вона завжди веде тільки до істинного висновку. Тому для побудови теоретичного знання взято гіпотетико-дедуктивну модель, яка на сьогоднішній день є загальноприйнятою. Модель має два рівні: емпіричний і теоретичний. На емпіричному рівні проаналізовано факти, зроблено емпіричне узагальнення і проблему переведено до теоретики.

Результати досліджень та їх обговорення. Оскільки за результатами багаторічних досліджень колективами Інституту водних проблем і меліорації УААН та Національного наукового центру "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського" УААН розроблено систему ЕММ зрошуваних земель, а теоретичні і методичні основи представлено науковими працями [5, с. 1-114; 6, с. 1-29], то на емпіричному рівні моделі, проаналізовано факти періоду 2000-2010 років щодо інформаційного замінювання супутникової та наземної інформації в ЕММ. Таких фактів не виявлено. Емпіричним узагальненням проведеного аналізу є встановлення відсутності використання супутникової інформації в ЕММ до 2010 року. На теоретичному рівні висунуто гіпотезу, здійснено пошук пояснювальної схеми фактів і проблем, виконано побудову теорії. Розроблена теорія має такі функції: синте-

тичну – поєднано окремі достовірні знання у єдину цілісну систему; пояснювальну – виявлено причинні залежності і різноманітні зв'язки; методологічну – на базі теорії сформульовано методи та способи дослідницької діяльності; передбачувальну – передбачено на основі теоретичних уявлень стан явища; практичну – втілено у практику, як настанова щодо зміни реальної дійсності. Отже, розроблена теорія взаємозамінності відповідає всім функціям гіпотетико-дедуктивної моделі.

Оскільки теоретичні і науково-методичні засади ЕММ розроблено для кліматичних та агрометеорологічних умов України, то їх розвиток на основі використання методів ДЗЗ уможливорюється за рахунок розроблених теоретичних і методичних підходів у 2010 – 2018 рр. за оцінювання екологічного стану меліорованих земель Лісостепової і Степової зон України. Також існує наявний професійний досвід з оцінювання стану ґрунтових, рослинних та водних поверхонь. Серед переліку об'єктів ЕММ: гідрометеорологічні та агрокліматичні чинники, геоморфологічні особливості, ґрунти та породи зони активного водообміну, ґрунтові та поверхневі води на меліоративних системах і прилеглих територіях у межах їхнього впливу, прояви геоecологічних і ґрунтоутворювальних процесів, меліоративні (зрошувальні та колекторно-дренажні) системи і їхні окремі елементи, поливні, дренажні та скидні води меліоративних систем, виділено окремі групи які можна визначати за даними ДЗЗ, а які ні. Зокрема, температурний режим (кліматичні чинники), рельєф агроландшафтів, стан вегетативних, ґрунтових і водних поверхонь, стан меліоративних зрошувальних і осушувальних систем і прилеглих до них територій.

Рівень взаємозамінності інформації визначається за коефіцієнтом. При оцінюванні стану вегетативних, ґрунтових і водних поверхонь, які є складовими агро-

ландшафтів, розроблено таку формулу коефіцієнту взаємозамінності:

$$K_{B3} = \frac{I_{\text{вег.ДЗЗ}} + I_{\text{гр.ДЗЗ}} + I_{\text{вод.ДЗЗ}}}{I_{\text{ЕММ}}} \leq 1$$

де: $I_{\text{вег.ДЗЗ}}$, $I_{\text{гр.ДЗЗ}}$, $I_{\text{вод.ДЗЗ}}$ – індекси (показники) стану вегетативних, ґрунтових і водних поверхонь;

$I_{\text{ЕММ}}$ – визначення показників стану складових довкілля за ЕММ.

У контексті теорії [7] коефіцієнт K_{B3} має бути менше, або дорівнювати 1, якщо більше, то система є повністю взаємозамінною і являє собою вже зовсім іншу систему оцінювання. З цієї позиції рівноправним є твердження про існування повної та неповної взаємозамінності, параметричної та непараметричної взаємозамінності. У непараметричній взаємозамінності оцінювальними є емпіричні показники, зокрема – спектральні індекси (безрозмірні), а у параметричній – біофізичні показники з параметрами (див. табл. 1).

Запропоновані автором методи, методики і технології [8, с. 80] забезпечують взаємозамінність щодо екологічного оцінювання агроландшафтів за рахунок заміни оцінювального показника, що визначається за наземною інформацією, на показник, що визначається за даними ДЗЗ.

Для співставлення показників проведено їх узагальнення за допомогою розробленої програми “Автоматизація багатокритеріального оцінювання стану територій”. Автором теорії висунуто робочу гіпотезу, яка полягає в тому, що всі види оцінок різні між собою і використовувати їх інтегрально, або порівнювати між собою – не логічно і є задачею нездійсненною. Тому запропоновано вихід із цієї проблеми, а саме: вибрати найважливіші критерії і види оцінок та привести їх до однієї теоретичної еталонної шкали.

За основні види оцінок було обрано: інтервали, проценти, коефіцієнти, бали, числа, якості, градуси. Значення обраної

1. Види взаємозамінності

Показники екологічного стану	Взаємозамінність	
	Непараметрична	Параметрична
$I_{\text{вег. ДЗЗ}}$ – вегетативного рослинного покриву	Спектральні вегетаційні індекси	Евапотранспірація
	Спектральні водні індекси	Вміст вологи
$I_{\text{гр. ДЗЗ}}$ – ґрунтового покриву	Спектральні ґрунтові індекси	Вміст гумусу
	Спектральні водні індекси	Вміст вологи
	Спектральні індекси засолення ґрунтів	Вміст солей
$I_{\text{вод. ДЗЗ}}$ – водної поверхні	Спектральні водні індекси	Температура, вміст зв'язаних речовин (осад, солі)
$I_{\text{ЕММ}}$ – стан агроландшафту за ЕММ	Індекс інтегральної оцінки в балах (спеціальна – інтегрована оцінка)	Оцінки: фонові (гумус), стандартна (ерозія), кризова (забруднення)

групи оцінок спроектовано на єдину теоретичну еталонну шкалу та записано цей процес у математичному вигляді. У результаті була отримана формула приведення різних видів оцінок до єдиної шкали. Тестування програми здійснено на досліджуваних територіях Каховської та Північно-Рогачицької зрошувальних систем, а також ділянки Північно-Кримського каналу.

В основу дослідження було покладено інформаційні тематичні карти Інституту водних проблем і меліорації, Національного наукового центру "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського" НААН та супутникові дані за матеріалами конференції NSAU-NOAA,

Київ, червень 2009 р. За критерії досягнення поставленої мети було взято: інформативність, узагальнення, екологозапобіжність. Розв'язання задачі складалося із трьох основних етапів. На перших двох визначено значення оцінок стану зрошувальних територій за наземними та супутниковими даними, на третьому етапі визначено теоретичний екологічний стан як середньобогове значення показників, порівняння та аналіз отриманих результатів наведено у таблиці 2.

Узагальнення і апробація результатів дали змогу розраховувати K_{B3} :

$$K_{B3} = \frac{I_{\text{вег. ДЗЗ}}(6) + I_{\text{гр. ДЗЗ}}(5) + I_{\text{вод. ДЗЗ}}(3)}{I_{\text{ЕММ}}(16)} = 0,875,$$

2. Оцінка показників стану досліджуваних територій у межах дії зрошувальних систем, бали

Показники, бали	Зрошувальні системи		
	Каховська	Північно-Рогачицька	Північно-Кримський канал
Еколого-меліоративний моніторинг ґрунтів	1	2	3
Загально-інтегральна оцінка агроландшафтів	2	1	1
Індекс здорової рослинності	1	2	3
Стан агроландшафту за $I_{\text{ЕММ}}$, сума балів	4	5	7

де: ІЕММ = 16 (табл. 2) – значення показника еколого-меліоративного стану; Івег. ДЗЗ = 6, Ігр. ДЗЗ = 5, Івод. ДЗЗ = 3 – значення показників стану досліджуваних територій за даними дистанційного зондування:

Розрахований КВЗ < 1, що означає неповну непараметричну взаємозамінність супутникової і наземної інформації в оцінюванні стану агроландшафтів відповідно до розробленої теорії.

Висновки і перспективи. На емпіричному рівні гіпотетико-дедуктивної моделі встановлено, що інформаційного замінування показників наземної та супутникової інформації з 2000 по 2010 рік в ЕММ не виявлено. Активний розвиток ЕММ на основі використання методів ДЗЗ відбувався у період 2010 – 2018 рр.

Встановлено, що на теоретичному рівні розроблена теорія взаємозамінності відповідає всім функціям гіпотетико-дедуктивної моделі: синтетичній, пояснювальній, методологічній, передбачувальній, практичній.

Доведено, що рівень взаємозамінності супутникової і наземної інформації визначає коефіцієнт КВЗ, який має бути менше, або дорівнювати 1. Якщо коефіцієнт більше 1, то система є повністю взаємозамінною і являє собою вже зовсім іншу систему оцінювання.

Розроблена теорія спрямована на досягнення оптимального ступеня упорядкування інформації та доповнює найбільш використовувані у системі “Землеробство” теорії: складних систем, економічної (сценарії), багатокритеріальної оптимізації.

Література

1. Власова О. В., Шевченко А. М. Використання даних непрямих вимірювань при оцінюванні стану зрошуваних територій. Меліорація і водне господарство. 2010. № 98. С.40–50.
2. Гольгин Н. Х., Педь С. Е. Взаимозаменяемость. Учебное пособие для вузов. Москва: МИИГАиК, 2009. 183 с.
3. Godínez-Alvarez H., Herrick J.E., Mattocks M., Toledo D., Van Zee J. Comparison of three vegetation monitoring methods: Their relative utility for ecological assessment and monitoring. Ecological indicators. 2009. No. 9. P. 1001-1008.
4. Мостепаненко В. М. Философия и методы научного познания. Ленинград: Лениздат, 1972. 263 с.
5. Ромащенко М. І., Балюк С. А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. Київ: Світ, 2000. 114 с.
6. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л., Калініченко В. М., Соколова Н. Ю., Корчашкіна Л. А., Ромащенко М. І., Шевченко А. М. Особливості моніторингу осушуваних земель та комплекс заходів з їх охорони і ефективного використання. Методичні рекомендації. Харків. 2010. 29 с.
7. Плотников В. С., Скороходов А. И. Теоретические основы взаимозаменяемости: Текст лекций. Москва.: МИИГАиК, 1988. 52 с.
8. Власова О. В. Методика оцінки меліоративних властивостей агроландшафтів за просторово-розподіленими даними. Агроекологічний журнал. 2009. № 2. С. 79–82.

References

1. Vlasova, O. V., Shevchenko, A. M. (2010). Vykorystannia danykh nepriamykh vymiriuvan pry otsiniuvanni stanu zroshuvanykh terytorii. [Use of data from indirect measurements in assessing the condition of irrigated areas]. Melioratsiia i vodne hospodarstvo – Reclamation and water management, 98, 40–50 [in Ukraine].
2. Golygin, N. Kh., Ped', S. E. (2009). Vzaimozamenyaemost' [Interchangeability]. Uchebnoe posobie dlja vuzov. Moscow: MIIGAiK, 183 [in Russian].
3. Godínez-Alvarez, H., Herrick, J. E., Mattocks, M., Toledo, D., Van Zee J. (2009). Comparison of three vegetation monitoring methods: Their relative utility for ecological assessment and monitoring. Ecological indicators, 9, 1001-1008. [in English]. doi:10.1016/j.ecolind.2008.11.011.

4. Mostepanenko, V. M. (1972). *Filosofia i metody nauchnoho poznania* [Philosophy and methods of scientific knowledge]. Lenynhrad: Lenyzdat, 263 [in Russian].
5. Romashchenko, M. I., Baliuk, S. A. (2000). *Zroshennia zemel v Ukraini. Stan ta shliakhy polipshennia* [Irrigated land in Ukraine. Condition and ways to improve]. Kyiv: Svit, 114 [in Ukraine].
6. Truskavetskyi, R. S., Tsapko, Yu. L., Kalinichenko, V. M., Sokolova, N. Yu., Korchashkina, L. A., Romashchenko, M. I., Shevchenko, A. M. (2010). *Osoblyvosti monitorynhu osushuvanykh zemel ta kompleksu zakhodiv z yikh okhorony i efektyvnoho vykorystannia* [Features of monitoring of drained lands and a set of measures for their protection and effective use]. *Metodychni rekomendatsii*. Kharkiv, 29 [in Ukraine].
7. Plotnykov, V. S., Skorokhodov, A. Y. (1988). *Teoreticheskie osnovy vzaimozameniamosti: Tekst lektsyi* [Theoretical basis of interchangeability: Text of lectures]. Moscow: MII GAIK, 52 [in Russian].
8. Vlasova, O. V. (2009). *Metodyka otsinky melioratyvnykh vlastyvostei ahrolandshaftiv za prostoro-vo-rozpodilenyi danyimi* [Methodology for estimating the land reclamation properties of agro-landscapes by spatially-distributed data]. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 79-82 [in Ukraine].

SUMMARY

O. V. Vlasova. *Bases of the theory of interchangeability of satellite and in situ information in ecological-meliorative monitoring // Biological Resources and Nature Managment. – 2018. – 10, №3–4. – P.157–163. <https://doi.org/10.31548/bio2018.03.020>*

The relevance of research is the improvement of environmental and land reclamation monitoring through the use of indirect methods of assessment in which various types of information, in particular, satellite, are used. In situ and satellite information need an optimal degree of ordering. Therefore, the aim of the research is to develop a theoretical basis for the interchangeability of satellite and terrestrial information.

To construct the theory, a hypothetical-deductive model has been chosen, which is today generally accepted. The model has two levels: empirical and theoretical. At the empirical level, the facts of information interchangeability of satellite and in situ information in ecologically-ameliorative monitoring of the period 2000-2010 are analyzed. There were no such facts. During the 2010-2018, satellite information was used in assessing the ecological state of reclaimed lands in the forest-steppe and steppe zones of Ukraine.

At the theoretical level, a hypothesis has been put forward, an explanatory scheme of facts and prob-

lems has been searched, and a theory has been constructed. It is established that theoretically developed interchangeability theory corresponds to all functions of the hypothetical-deductive model.

It is proved that the level of interchangeability of satellite and terrestrial information determines the interchangeability coefficient, which should be less than or equal to 1. If the coefficient is greater than 1, the system is completely interchangeable and represents a completely different evaluation system.

The developed theory is aimed at achieving the optimal degree of ordering of information and complements the theories mostly used in the "Agriculture": complex systems, economic, multi-criteria optimization.

Keywords: *ecologically-ameliorative monitoring, satellite and in situ information, estimated indicators, interchangeability theory, coefficient of interchangeability*

АННОТАЦІЯ

О. В. Власова. *Основы теории взаимозаменяемости спутниковой и наземной информации в эколого-мелиоративном мониторинге // Биоресурсы и природопользование. – 2018. – 10, №3–4. – С.157–163. <https://doi.org/10.31548/bio2018.03.020>*

Актуальность исследований заключается в совершенствовании эколого-мелиоративного мониторинга за счет использования косвенных методов оценок, в которых используются различные виды информации, в частности спутниковая. Наземная и спутниковая информации нуждаются в оптимальной степени упорядоче-

ния. Поэтому целью исследований является разработка теоретических основ взаимозаменяемости спутниковой и наземной информации.

Для построения теории выбрано гипотетико-дедуктивную модель, которая на сегодняшний день является общепринятой. Модель имеет два уровня: эмпирический и теоретический. На

емпирическом уровне проанализированы факты информационной взаимозаменяемости спутниковой и наземной информации в эколого-мелиоративном мониторинге периода 2000 – 2010 годов. Таких фактов не обнаружено. В период 2010 – 2018 гг. при оценке экологического состояния мелиорированных земель лесостепной и степной зон Украины использовалась спутниковая информация.

На теоретическом уровне выдвинута гипотеза, осуществлен поиск пояснительной схемы фактов и проблем, выполнено построение теории. Установлено, что теоретически разработанная теория взаимозаменяемости отвечает всем функциям гипотетико-дедуктивной модели.

Доказано, что уровень взаимозаменяемости спутниковой и наземной информации определя-

ет коэффициент взаимозаменяемости, который должен быть меньше или равен 1. Если коэффициент больше 1, то система полностью взаимозаменяема и представляет собой уже совершенно другую систему оценивания.

Разработанная теория направлена на достижение оптимальной степени упорядочения информации и дополняет наиболее используемые в системе «Земледелие» теории: сложных систем, экономической, многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: эколого-мелиоративный мониторинг, спутниковая и наземная информация, оценочные показатели, теория взаимозаменяемости, коэффициент взаимозаменяемости