

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/321859574>

Interpretation of factor analysis in phytosociology using phytoindication data

Article · January 2002

CITATIONS

4

READS

18

1 author:



Igor V. Goncharenko

National Academy of Sciences of Ukraine

191 PUBLICATIONS 1,135 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Quality assessment of the vegetation classification [View project](#)



Classification of vegetation of Sumy Forest-Steppe region [View project](#)

УДК 581.524+519.237

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ФАКТОРНОЇ МОДЕЛІ В ФІТОЦЕНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ФІТОІНДИКАЦІЇ

І.В. Гончаренко

Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка

Проведена ординація в факторному пространстві синтаксонов природної рослинності северо-восточной части Левобережной Лесостепи Украины. Для екологической інтерпретації абстрактних факторних осей дослідовані кореляції между нагрузками синтаксонов на эти оси и их фітоіндикаційними оцінками на градієнтах кислотності, солевого режиму, вологості, вмісту азоту і карбонатів у ґрунті.

факторний аналіз, інтерпретація факторів, фітоіндикація, кореляційний аналіз

ВСТУП

Одним з найбільш популярних методів, який неодноразово використовувався в фітоценології з початку 70-х став метод факторного аналізу [5]. Цей метод застосовували, зокрема, для виявлення інформативних видів в класифікації рослинності [6], вивчення структури рослинного покриву [4], в лісовій типології [1] і т.п. Однак основне застосування факторного аналізу пов'язано з непрямою ординацією фітоценотичних об'єктів.

Факторний аналіз належить до класу багатовимірних статистичних методів, який застосовують для пізнання внутрішньої структури складних об'єктів в біології, психології, соціології і т.д. Головна ідея методу полягає в тому, що варіацію нескінченної кількості явних (оскільки вони піддаються безпосередньому вимірюванню) ознак об'єкту (висота рослин, довжина листка і т.д.) можна передати незначним числом прихованих факторів (віталітет, життєва форма і т.д.). Отже, вивчаючи кореляцію між ознаками, що піддаються безпосередньому вимірюванню, можемо будувати гіпотези про існування прихованого(их) фактору(ів), який визначає поведінку об'єктів. Міра, в якій варіювання ознак певного об'єкту визначається даним фактором, вимірюється значенням факторного навантаження цього об'єкту на факторну вісь.

УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Фактичний матеріал, загальним обсягом 197 геоботанічних описів,

зібраний в північно-східній частині Лівобережного Лісостепу України (Сумський геоботанічний округ) [2]. В ході класифікації цих фітоценозів за методом Браун-Бланке виділено 31 асоціацію, в т.ч. 2 субасоціації, які було залучено до факторного аналізу.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

За результатами факторного аналізу виділених синтаксонів встановлено навантаження на дві перших вісі (табл. 1), а ортогональну двофакторну модель показано на рис. 1.

Таблиця 1

Факторні навантаження (a), розрахована спільність (h) та фітоіндикаційні оцінки (Rc, Tr, Nt, Hd, Ca) синтаксонів

№	Синтаксон	a ₁	a ₂	h ₁₂	Rc	Tr	Nt	Hd	Ca
1	Rumici acetosellae-Festucetum valesiacaе	0,63	-0,39	0,55	7,74	7,10	6,55	16,03	4,34
2	Agrimonio eupatoriae-Poetum angustifoliae	0,61	-0,37	0,51	6,15	4,64	4,22	16,38	3,52
3	Galio veri-Agrostietum tenuis	0,57	-0,41	0,49	6,67	6,09	4,59	16,34	3,76
4	Medicago lupulinae-Festucetum pratensis	0,26	-0,45	0,27	6,80	6,35	5,09	16,19	3,88
5	Glechomo hederaceae-Deschampsietum cespitosae	-0,49	-0,48	0,47	8,16	7,88	6,80	16,86	4,37
6	Galio palustre-Agrostietum stoloniferae	-0,48	-0,50	0,48	7,85	7,39	5,94	16,41	4,35
7	Carici vulpinae-Juncetum effusi	-0,47	-0,43	0,41	7,98	7,29	6,00	15,12	4,63
8	Lysimachio vulgaris-Filipenduletum	-0,78	-0,36	0,74	7,93	7,46	6,78	15,10	4,66
9	Medicago romanicae-Poetum angustifoliae	0,83	-0,37	0,82	8,14	6,77	7,47	12,91	5,32
10	Thalictro mini-Filipenduletum vulgaris	0,82	-0,28	0,76	8,13	6,55	7,16	11,97	5,46
11	Carlino biebersteinii-Festucetum valesiacaе	0,81	-0,37	0,80	8,08	6,59	7,41	12,10	5,98
12	Astragalo dasyanthi-Elytrigietum intermediae	0,76	-0,28	0,66	8,05	6,50	6,76	11,90	5,77
13	Carici humilis-Stipetum pennatae	0,73	-0,26	0,60	7,65	6,29	6,34	12,08	5,57
14	Jurineo arachnoideae-Stipetum capillatae	0,68	-0,26	0,53	7,67	6,59	5,12	11,01	6,64
15	Astragalo austriaci-Salvietum	0,76	-0,33	0,68	6,24	5,89	4,80	13,23	4,63

	nutantis								
16	Sphagno-Caricetum lasiocarpae typicum	-0,64	-0,17	0,43	6,86	6,22	5,49	11,69	5,24
17	S.-C. caricetosum rostratae	-0,66	-0,19	0,46	6,56	5,81	4,95	11,53	5,11
18	Caricetum elatae	-0,74	-0,19	0,59	6,97	6,71	3,89	9,52	6,72
19	Glycerietum fluitantis	-0,70	-0,37	0,63	7,91	7,85	5,15	9,82	7,41
20	Caricetum ripariae	-0,80	-0,35	0,75	7,92	7,54	5,57	11,11	6,86
21	Caricetum acutiformis	-0,78	-0,35	0,74	7,25	7,04	5,24	11,33	6,38
22	Stachieto palustris-Caricetum gracilis	-0,82	-0,33	0,79	7,95	7,62	5,85	12,26	5,96
23	Ficario-Ulmetum	-0,16	0,80	0,67	7,93	7,81	6,52	13,75	5,30
24	Lamio maculati-Quercetum roboris dryopteridetosum	-0,05	0,89	0,80	7,95	8,71	5,91	14,36	4,97
25	L.-Q. alliarietosum	-0,03	0,91	0,82	7,91	7,81	6,32	14,62	4,85
26	Stellario holosteae-Aceretum platanoiditis	-0,02	0,90	0,82	7,72	7,36	5,91	14,97	4,62
27	Melici nutantis-Quercetum roboris	0,00	0,88	0,77	8,75	8,15	4,84	8,58	9,22
28	Galio tinctori-Quercetum roboris	0,59	0,26	0,41	8,67	8,01	4,64	8,47	9,33
29	Molinio-Pinetum	-0,37	0,22	0,19	8,86	7,82	4,77	8,37	9,18
30	Peucedano-Pinetum	0,24	0,36	0,18	8,08	7,79	5,24	10,06	7,51
31	Dicrano-Pinetum	0,10	0,39	0,16	8,09	7,46	5,20	9,87	7,91
	Вклад фактору (абс.)	11,02	6,96	17,98					
	Вклад фактору (%)	0,36	0,23	0,59					

Примітка: Зсув номерів синтаксонів в табл. 1 позначає перехід між різними типами рослинності, до яких належать асоціації (луки № 1-8, степ № 9-15, болота №16-22, ліси № 23-31).

З рис. 1 ми бачимо, що об'єкти розподілилися в основному на три групи. З першим фактором пов'язані групи А та В, однак спрямованість дії фактору в них протилежна, оскільки факторні навантаження мають протилежний знак. Група С не контролюється першим фактором, оскільки навантаження об'єктів цієї групи на вісь не перевищують 0,3 (область не значимих кореляцій позначена на рис. 1 еліпсом в центрі координат). Однак група С пов'язана з другим фактором. Інші об'єкти контролюються обома факторами одночасно.

Сума квадратів факторних навантажень певного об'єкту на вісі називається розрахованою спільністю (h). Геометрично її можна уявити як вектор, проведений з центру факторного поля до даного об'єкту в n-вимірному просторі., де n означає кількість факторів (рис. 1). Довжина цього вектору, а значить і положення даного об'єкту в загальній конфігурації залежить від рівня

його подібності з усіма іншими, що називається вихідною спільністю. Частина цієї спільності, відтворена в проекції на факторні вісі, називається розрахованою спільністю. Наприклад, в площині двохфакторної моделі розташування асоціації 7 лише на 27% пояснює її вихідну спільність (табл. 1), отже можливо, що цей синтаксон контролюється 3-м, 4-м і т.д. фактором. Звичайно, що в площинній проекції можна передати лише частину інформації (в нашому випадку 59%) про розташування поля точок в n-вимірному просторі.

Сума квадратів факторних навантажень всіх об'єктів по певному фактору показує ту частину вихідної спільності, яка контролюється даним фактором. Наприклад, перший фактор пояснює 36 % вихідної спільності всіх (31) об'єктів, другий – “відтягує” наступні 23 % вихідної спільності і т.д. З кожним наступним фактором цей показник зменшується, отже найбільш впливовим (провідним) буде перший фактор. Послідовне екстрагування факторів, що відтягують максимум вихідної спільності, дає нам можливість виділити таку проекцію, в площині якої об'єкти є відмежованими найбільшою мірою. Тому факторний аналіз дає можливість виявити найбільш впливові (провідні, головні) фактори.

Не важко помітити, що ми весь час оперуємо абстрактним поняттям “фактор”. Важливим етапом факторного аналізу є інтерпретація факторів. Оскільки однією з аксіом фітоценології є твердження про те, що варіація рослинності визначається специфікою місцезростань, то інтерпретацію факторів в фітоценології намагаються провести реальними екологічними факторами. Факторні вісі – це вісі максимального варіювання, отже екологічні фактори, спряжені з цими осями, є провідними для ценотичної диференціації.

Одним з методів інтерпретації факторної моделі є встановлення кореляції між навантаженнями та екологічними характеристиками об'єктів [7, 8]. Це показує наскільки екологічні відмінності двох синтаксонів відбиваються на ступені їх флористичної подібності, що “відчуває” вісь непрямої ординації (факторна вісь). В нашому випадку ми врахували п'ять факторів: вологість (Hd), сольовий режим (Tr), кислотність (Rc), вміст азоту (Nt) та карбонатів (Ca) [3]. Розраховані коефіцієнти кореляції між навантаженнями та фітоіндикаційними

оцінками в межах всієї аналізованої сукупності синтаксонів (№ 1-31) та по окремим типам рослинності (№ 1-8, 9-15, 16-22, 23-31) приведено в табл. 2.

Таблиця 2.

Кореляція між навантаженнями на факторні вісі та фітоіндикаційними оцінками (для всієї сукупності № 1-31 та по типам рослинності №№ 1-8 (луки), 9-15 (степ), болота (16-22) та ліси (23-31))

№	1-31		1-8		9-15		16-22		23-31	
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
Rc	0,38	-0,14	-0,26	-0,31	-0,90	0,59	-0,74	-0,98	0,11	0,81
Tr	0,28	-0,57	-0,36	-0,71	-0,49	0,12	-0,72	-0,91	0,20	0,59
Nt	-0,44	0,42	-0,80	-0,51	0,53	-0,10	-0,72	-0,92	-0,30	0,92
Hd	-0,95	-0,08	-0,97	-0,38	0,89	-0,56	0,65	0,22	-0,91	0,14
Ca	0,90	-0,15	0,95	0,40	-0,82	0,55	-0,86	-0,91	0,74	0,20

Значима кореляція з вологістю (-0,95), свідчить про те, що перший фактор можна проінтерпретувати як вплив умов зволоження. Однак він пов'язаний ще з Rc (0,38), Nt (-0,44), Ca (0,90). Отож інтерпретація стає неоднозначною, внаслідок переважання середніх значень кореляційних коефіцієнтів. На нашу думку, це зумовлено тим, що на одному відрізку факторної вісі кореляція з певним екофактором значима, навпаки, на іншому відрізку екофактор не є визначальним і кореляція відсутня, а розраховані коефіцієнти вздовж всієї вісі дають усереднену оцінку цього взаємозв'язку. Тому вирішення проблеми інтерпретації можливе перш за все через звуження екологічного діапазону, що розглядається. Спробуємо це довести, повторивши цикл розрахунків для підмножин вихідної сукупності: ліси, болота, степ, луки (табл. 2).

Як бачимо, кількість значимих кореляцій збільшилася. Наприклад, диференціація лучної рослинності контролюється в основному факторами Nt, Hd, Ca, в той же час як кислотність (Rc) не є визначальною. Степова рослинність диференціюється, головним чином, під дією провідних Rc, Hd, Ca, навпаки найменше на флористичних відмінностях степових синтаксонів позначаються відмінності екотопів за сольовим режимом (Tr). Для синтаксонів болотної рослинності значима кореляція між навантаженнями на факторні вісі та даними фітоіндикації спостерігається за факторами Rc, Tr, Nt, Ca, а вологість, що не є

тут лімітуючим фактором, не впливає на ценотичну диференціацію і т.д.

ВИСНОВКИ

Таким чином, факторний аналіз дозволяє провести непряму ординацію синтаксономічних об'єктів вздовж осей максимального варіювання. При цьому використання результатів фітоіндикації дає можливість провести інтерпретацію факторних осей і кількісно оцінити вклад певних екофакторів в ценотичну диференціацію через встановлення значимих кореляцій між факторними навантаженнями та фітоіндикаційними оцінками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Буш К.К., Буш Х.К. Выделение типов лесных биоценозов на осушенных площадях путем компонентного анализа // Количественные методы анализа растительности. – Рига: Изд-во Латв. ун-та, 1971. – С. 26-32.
2. Геоботаничне районування Української РСР / Андрієнко Т.Л., Білик Г.І., Брадїс Є.М. та ін. – К.: Наук. думка, 1977. – 302 с.
3. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
4. Злобин Ю.А. Использование техники факторного анализа для изучения фитоценотической структуры живого напочвенного покрова в лесу // Количественные методы анализа растительности. – Уфа, 1974. – С. 10-13.
5. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
6. Колодяжний С.Ф., Пааль Я.Л. О сокращении видового списка при классификации растительности // Флористические критерии при классификации растительности. – Уфа: БФАН СССР, 1981. – С. 28-30.
7. Маслов А.А. О совместном применении метода блоков и метода главных компонент для анализа мозаичности лесных сообществ. 2. Идентификация осей экологическими факторами // Бюл. МОИП. – 1985. – 90, № 4. – С. 107-117.
8. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Факторный анализ в фитоценологии. 1. Общая характеристика модели // Биол. науки. – 1977. – № 12. – С. 121-126.

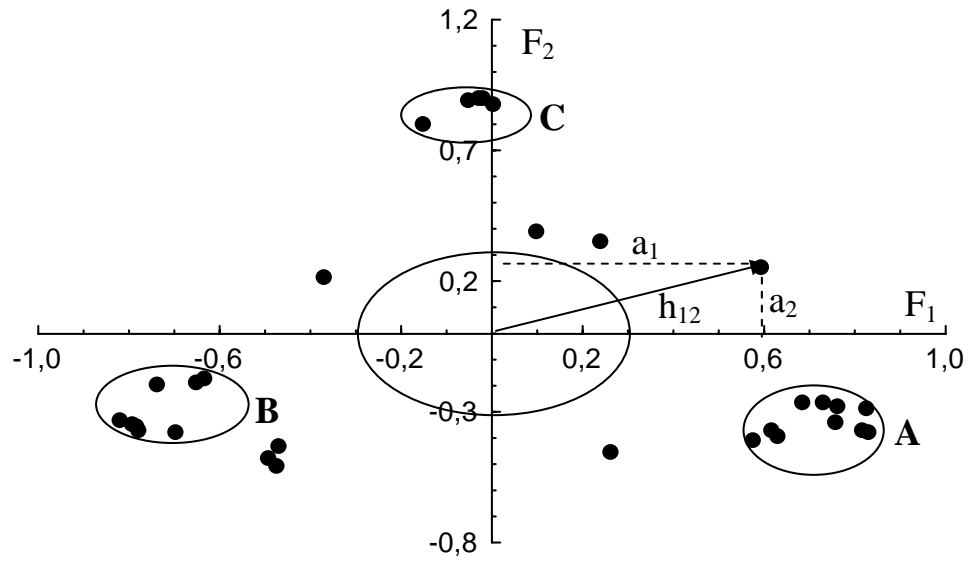


Рис. 1. Ординаційна модель, одержана за результатами факторного аналізу для 31 синтаксону (пояснення в тексті).

УДК 581.524+519.237

Гончаренко І.В. Інтерпретація факторної моделі в фітоценології з використанням даних фітоіндикації // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗДУ, 2002. – С.

Проведено ординацію в факторному просторі синтаксонів природної рослинності північно-східної частини Лівобережного Лісостепу України. Аналізується одержана графічна модель за розподілом факторних навантажень. Для екологічної інтерпретації абстрактних факторних осей досліджені кореляції між навантаженнями синтаксонів на ці вісі та їх фітоіндикаційними оцінками на градієнтах кислотності, сольового режиму, вологості, вмісту азоту та карбонатів в ґрунтах. Показано, що із зменшенням фітоценотичного діапазону кількість значимих кореляцій при інтерпретації факторних осей збільшується, що дає можливість встановити провідні фактори ценотичної диференціації на цих відрізках комплексного градієнту.

INTERPRETATION OF A FACTOR MODEL IN PHYTOCENOLOGY WITH THE USE OF PLANT INDICATOR METHOD DATA

I.V. Goncharenko

It is carried out the ordination in factorial space of syntaxa of natural vegetation from the northeast part of Left-bank Forest-steppe of Ukraine. For ecological interpretation of abstract factorial axes correlation between loads of syntaxa on these axes and them plant indicator evaluations on gradients of acidity, a salt regime, humidity, contents of nitrogen and carbonates in bedrock are investigated.

To cite in publications use:

1. Гончаренко І.В. Інтерпретація факторної моделі в фітоценології з використанням даних фітоіндикації // Питання біоіндикації та екології. – 2002. – Т. 7. – № 2-3. – С. 17-25. Доступно на: <https://goo.gl/7CskE1>
2. Goncharenko I.V. Interpretation of factor analysis in phytosociology using phytoindication data [In Ukrainian] // Issues of bioindications and ecology. – 2002. – Vol. 7. – № 2-3. – P. 17-25. Available from: <https://goo.gl/7CskE1>

Synopsis:

Содержательную интерпретацию абстрактных осей факторного пространства в фитоценологии предложено проводить на основании корреляционного анализа между ординационными нагрузками (координатами) отдельных описаний или синтаксонов с их фитоиндикационными оценками. В анализ были включены наиболее часто используемые и важные для растений факторы кислотности, солевого режима, влажности, содержащего азота и карбонатов в почве. Показано, что с увеличением эколого-фитоценологического диапазона геоботанических данных, вовлеченных в ординацию, число значимых корреляций между факторными осями и фитоиндикационными переменными значительно уменьшается из-за смены ведущих экологических факторов в различных классах растительности, что усложняет интерпретацию факторных осей.

You may also be interested in related publications:

2. Гончаренко І.В. Визначення асоціацій в дискримінантному аналізі // Науковий вісник Ужгородського університету: Сер. Біологія. – 2003. – Т. 12. – С. 22-26. Доступно на: <https://goo.gl/kzCz7G>
3. Гончаренко І.В. Градієнтний аналіз синтаксономічних амплітуд // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету: Сер. Біологічні науки. – 2002а. – Т. 21. – № 33. – С. 3-8. Доступно на: <https://goo.gl/vGZZTu>
4. Гончаренко І.В. Екологічна диференціація ценофлор класу Molinio-Arrhenatheretea на рівні союзів // Наукові записки Сумського державного педагогічного університету ім. А.С.Макаренка: Екологія і раціональне природокористування. – 2005. – Т. 1. – С. 64-86. Доступно на: <https://goo.gl/6rmtUZ>
5. Гончаренко І.В. Принципи побудови і ревізії макросинтаксономічної системи. – Суми: СумДПУ, 2007. – 141 с. Доступно на: <https://goo.gl/wnLVJV>
6. Гончаренко І.В. Розпізнавання синтаксономічної належності фітоценозів за фітоіндикаційними даними // Екологія та ноосферологія. – 2002b. – Т. 12. – № 3-4. – С. 41-46. Доступно на: <https://goo.gl/X8jcRk>
7. Гончаренко І.В. Фітоіндикація антропогенного навантаження. – Дніпро, 2017. – 127 с. Доступно на: <https://goo.gl/LtfXnc>

Please don't hesitate to contact me
if you need more information:

goncharenko.ihor@gmail.com