

О. С. Пшеничнакандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук
Запорізького національного університету

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ В ПЕДАГОГІЧНОМУ ДОСЛІДЖЕННІ

У статті розглянуто перспективи застосування в педагогічному дослідженні факторного аналізу. У роботі обґрунтована важливість цього методу для наукових досліджень в галузі освіти. Завдяки аналізу публікацій виявлено декілька способів застосування цього багатомірного методу математичної статистики: проектування педагогічних умов; розробка діагностичного інструментарію; побудова компонентної структури компетентності. Огляд публікацій, присвячених факторному аналізу дав змогу представити послідовність факторного аналізу та сформулювати вимоги для його реалізації: аналіз результатів опитування не менше ніж 50 респондентів; реалізація процедури у два етапи – розвідувальний та підтверджувальний; перевірка доцільності застосування факторного аналізу і достатності виділених факторів. Представлені у статті приклади безпосередньо стосуються педагогічного дослідження. У першому прикладі представлено процедуру розробки авторської методики «Діагностика рівня зацікавленості майбутніх вчителів до використання інформаційних технологій та прийняття діяльності із застосування ІТ як значущої». Факторний аналіз результатів оцінювання 20 тверджень анкети дав змогу виділити 4 шкали та провести їх змістову інтерпретацію. Другий приклад пов'язаний з побудовою структури цифрової компетентності викладача. Факторний аналіз проводився за результатами опитування 50 викладачів-практиків, які за п'ятибальною шкалою оцінили значущість кожного з 25 показників в структурі цифрової компетентності педагога вищої школи. У ході проведення цього багатомірного статистичного методу було виявлено, що на думку експертів лише 15 запропонованих показників важливі для цифрової компетентності. Змістова інтерпретація отриманої факторної структури дозволила виділити наступні компоненти цифрової компетентності викладача: операційно-технологічний; мотиваційно-ціннісний; теоретико-методичний; рефлексивно-аналітичний. Наведені у статті перспективні можливості факторного аналізу для педагогічного дослідження вимагають вдосконалення змісту і методики підготовки здобувачів PhD в галузі освіти.

Ключові слова: педагогічне дослідження, стандартизація авторської методики, фактор, факторна структура, факторний аналіз.

Постановка проблеми. Метою будь-якої науки є встановлення загальних закономірностей, що забезпечує можливість не тільки передбачати майбутні події, але й розробляти ефективні моделі поведінки в типових ситуаціях. Не виключенням є й педагогіка, метою якої є «...виявлення об'єктивних закономірностей навчання, виховання і розвитку особистості» [1, с. 14]. Це передбачає вивчення сутності педагогічних явищ, виявлення факторів, що впливають на ефективність освітнього процесу, та розробку науково-обґрунтованих методів і технологій навчання та виховання. Значущість науково-педагогічних досліджень та зростаючі вимоги до їх якості ставлять перед науковцями вимоги щодо пошуку методів, адекватних цим вимогам. Зважаючи на складність і багатоаспектність педагогічних явищ та необхідність їх глибокого і об'єктивного аналізу виникає необхідність застосування потужних інструментів статистичної обробки, одним з яких є факторний аналіз.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Можливості факторного аналізу розглядаються

переважно в підручниках з методології педагогічного дослідження. Зокрема С. Гончаренко зазначав, що основними напрямками застосування факторного аналізу в педагогічному дослідженні є сфера інтелекту та вивчення структури спеціальних здібностей (математичних, музичних, рухових тощо) [2, с. 243]. Останнім часом почали з'являтися поодинокі публікації, в яких одним із застосованих статистичних методів є факторний аналіз. Факторний аналіз застосовують для проектування педагогічних умов. Процедура цього проектування ґрунтується на проведенні опитування експертів або здобувачів освіти та на основі отриманих результатів виділяються фактори, змістова інтерпретація яких дає змогу сформулювати педагогічні умови. Другий напрям використання факторного аналізу – визначення ступеня однорідності факторних структур двох груп, що брали участь в педагогічному експерименті. Деколи дослідники пропонують інші варіанти застосування факторного аналізу: конструювання діагностичного інструментарію; визначення акцентів педагогіч-

них заходів дослідження; побудова компонентної структури шляхом зменшення кількості факторів, які могли «нівелювати вплив індивідуальних особливостей кожного студента на результати експерименту» (О. Ордановська [3, с. 219]). Вважаємо, що наведені приклади не дають повного уявлення про можливість факторного аналізу для педагогічного дослідження.

Мета статті – виокремлення перспектив застосування факторного аналізу в педагогічному дослідженні та розгляд конкретних прикладів.

Виклад основного матеріалу. У педагогічних дослідженнях часто виникає необхідність аналізу великої кількості взаємопов'язаних змінних, що характеризують складні педагогічні процеси. Факторний аналіз, як метод багатовимірного статистичного аналізу, дозволяє звести велику кількість змінних до меншої кількості незалежних факторів, що полегшує інтерпретацію результатів та виявлення прихованих закономірностей.

Засновником сучасного факторного аналізу вважається психолог Ч. Спірмен, чия стаття 1904 року в Американському психологічному журналі ("General Intelligence Objectively Determined and Measured") заклала основи цього методу. Ч. Спірмен, спираючись на праці Ф. Гальтона (зв'язок здібностей та інтелекту) і К. Пірсона (кореляційний аналіз), досліджував інтелектуальну діяльність, виділивши загальний (G) та специфічний (S) фактори [4, с. 18–19]. Його двофакторна теорія інтелекту згодом була розвинена в багатфакторну теорію Л. Терстоуна. У середині XX століття розвиток факторного аналізу продовжився завдяки роботам С. Барта, Г. Готеллінга, К. Холзінгера та ін.

Проведення факторного аналізу складається з декількох етапів [5, с. 38–45]: розвідувальний факторний аналіз – визначається кількість факторів і будується попередня факторна структура; підтверджувальний факторний аналіз – будується факторна структура, здійснюється обертання,

перевіряється адекватність побудованої факторної структури.

Сьогодні факторний аналіз застосовують не тільки в психології, а й в таких сферах діяльності як економіка, соціологія, управління. Поступово цей статистичний метод впроваджують в педагогічні дослідження. Вважаємо, що перспективні можливості цього статистичного методу ще недостатньо досліджені, тому необхідно розглянути конкретні приклади застосування цього методу.

У педагогічному дослідженні факторний аналіз дозволить: стандартизувати авторську діагностичну методику; здійснити добір доречного інструментарію для проведення педагогічної діагностики; побудувати компонентну структуру готовності (компетентності), яку формує дослідник; уточнити педагогічні умови; визначити фактори, які впливають на якість навчання. Як слушно зазначає в своєму дисертаційному дослідженні О. Мосіюк: «Різний набір непов'язаних між собою факторів може бути джерелом нових ідей і підходів» [6, с. 44].

Стандартизація авторської діагностичної методики здійснюється аналогічно реалізації цієї процедури в психодіагностиці [7; 8].

Розглянемо процедуру стандартизації авторської методики «Діагностика рівня зацікавленості майбутніх вчителів до використання інформаційних технологій та прийняття діяльності із застосування ІТ як значущої». Анкета складалася з 20 тверджень, які здобувачі освіти мають оцінити за 5-ти бальною шкалою. Під час пілотажного експерименту за її допомогою було опитано 58 здобувачів освіти. Зазначимо, що чим більше респондентів пройдуть опитування тим більш адекватними будуть результати.

У результаті обробки вихідних даних (розвідувальний аналіз) виявлено, що емпіричні дані групуються в 4 фактори (рис. 1).

Проведений підтверджувальний аналіз демонструє наступне (табл. 1): 20 питань анкети поєд-

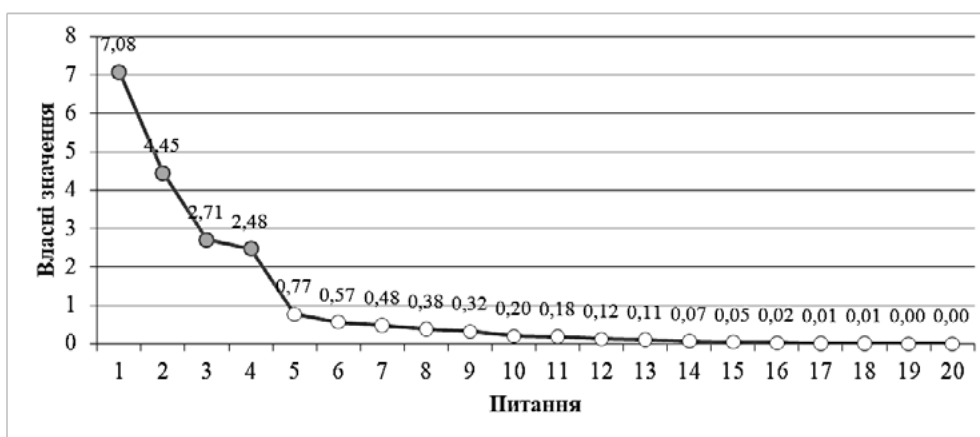


Рис. 1. Графік власних значень питань анкети

Табл. 1

Матриці факторних навантажень за результатами конфірмаційного факторного аналізу (приклад 1)

Питання	Фактори до обертання				Фактори після обертання			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Уміння працювати з базовими інформаційними технологіями необхідні для вивчення нових програмних продуктів	,769	,265	-,219	,222	,829	,221	,127	
2. Читаю книги й журнали з питань інформаційних технологій в освіті	,444	,520	,315	-,401	,191	,822		
3. Знання інформатики допоможуть в отриманні престижної роботи	-,380	,516	-,143	,665	-,133		,913	-,136
4. Уміння користуватися ІТ необхідні для швидкого та якісного оформлення документів: рефератів, індивідуальних завдань, курсової та дипломної роботи	,853	-,229	-,210		,846		-,333	
5. Вимушений вивчати, тому що дисципліни входять до навчального плану спеціальності	,259	-,315	,814	,205	,102		-,200	,906
6. Оволодіння мультимедійними технологіями навчання важливо для майбутньої професійної діяльності	,680	,337	,330	-,400		,913		
7. Знання комп'ютера необхідні для пошуку інформації та вільного спілкування в мережі Internet	-,255	,497		,578		,150	,927	
8. Із задоволенням беру участь в аналізі проблем, які можна розв'язати за допомогою ІТ, й обговоренні отриманих результатів	,804	,116	-,286		,786	,239	-,161	-,206
9. Використання ІТ дозволяє зацікавити учнів	,372	,698	,271	-,247	,189	,835	,156	
10. Із нетерпінням очікую практичних занять у комп'ютерному класі, тому що засвою нові вміння в галузі ІТ	,936			,268	,949		-,115	,183
11. Уміння працювати на комп'ютері викликають повагу оточуючих	-,393	,531		,604	-,126		,888	
12. Із задоволенням виступаю (або виступав би) з докладами на заняттях з проблем застосування ІТ в освіті	,872		-,204	,201	,910		-,135	
13. Володіння ІТ необхідні для успішного складання заліку, іспиту, отримання диплому	,226	-,243	,814	,316	,109			,926
14. Для успішного засвоєння інших дисциплін, до змісту яких входить вивчення ІТ, необхідні фундаментальні знання з інформатики	,864	,268	-,109	,235	,891	,281	,102	
15. Вимушений дотримуватися вимог батьків і викладачів		-,200	,865	,360				,953
16. Успішне засвоєння дисциплін професійного спрямування залежить від рівня оволодіння інформаційними технологіями	,274	,652	,127	-,561		,889		-,195
17. Сьогодні знання комп'ютера є необхідним	-,407	,734		,415	-,203	,166	,892	-,151
18. Із задоволенням слухаю лекції з дисциплін, що вивчають інформатику й інформаційні технології	,870	-,212	-,118	,244	,901		-,205	,127
19. Інформаційні технології застосовуються для підвищення ефективності роботи вчителя	,206	,770	,233	-,205		,805	,282	
20. Цікавлюся публікаціями, які присвячені інформаційним технологіям	,873			,222	,862	,133	-,103	,204

налися в 4 фактори; результати варімакс обертання трохи змінили структуру поєднання питань (питання 6 перемістилося з фактору 1 до фактору 2, а питання 17 з фактору 2 до фактору 3; фактори 3 і 4 помінялися місцями). Аналіз змісту тверджень дав змогу визначити назви шкал авторської методики: шкала 1 – пізнавальні мотиви з вивчення ІТ; шкала 2 – професійні мотиви з оволодіння ІТ в освіті; шкала 3 – мотиви престижу; шкала 4 – зовнішні мотиви. На основі матриці факторних навантажень розроблено ключ методики: шкала 1 – питання 1, 4, 8, 10, 12, 14, 18, 20; шкала 2 – питання 2, 6, 9, 16, 19; шкала 3 – питання 3, 7, 11, 17; шкала 4 – питання 5, 13, 15.

Звичайно ж це не повна процедура розробки діагностичної методики. Необхідно ще прове-

сти перевірку її валідності й надійності, для чого залучаються інструменти кореляційного аналізу. Однак розгляд цього питання знаходиться поза межами даної публікації.

Ідею формування педагогічних умов за допомогою факторного аналізу, запропоновану в роботах О. Мосіюка, К. Павелків, Н. Степанченко, Ю. Шалівської. Вивчення робіт цих науковців виявило два підходи у формуванні педагогічних умов: перший підхід ґрунтується на обробці результатів оцінювання експертами (викладачам і фахівцям в галузі) запропонованих дослідником чинників [9; 10; 11]; другий – заснований на опитуванні майбутніх фахівців (здобувачів освіти) та практиків у відповідній сфері діяльності [6]. Жодним чином не піддаючи критиці другий підхід

хотіли б зазначити, що в такій організації проведення факторного аналізу криється певна проблема: на жаль здобувачі освіти часто нещирі або недбалі у своїх відповідях. Можливо краще було б застосувати процедуру факторного аналізу до об'єднаної групи (здобувачі освіти та практики), що дало змогу нівелювати розбіжності між відповідями різних фокус-груп. Обсяг вибірки впливає на коректність процедури факторного аналізу. Досвід свідчить, що проведення факторного аналізу за результатами опитування 20 респондентів не підтверджує адекватності застосування факторного аналізу (критерій Кайзера-Мейєра-Олкінда – КМО та критерій сферичності Бартлета), не дає змогу застосувати для виділення факторів метод максимальної правдоподібності та перевірити гіпотезу про достатність виділених факторів.

Поширюючи практику застосування факторного аналізу для визначення педагогічних умов на виявлення структури цифрової компетентності було проведено опитування викладачів. Загалом було опитано 50 викладачів-практиків, які активно впроваджують цифрові технології в освітній процес. За результатами теоретичного пошуку було визначено 25 показників, кожен з яких було запропоновано оцінити балами від 1 (не важливо) до 5 (дуже важливо).

Процедура факторного аналізу довела, що запропоновані показники групуються в 10 факторів, сумарною інформативністю 55,6% дисперсії і це – достатній результат. Застосування факторного аналізу є обґрунтованим, що підтверджено критерієм КМО та критерієм сферичності Бартлета. Значення КМО становить 0,597, що перевищує порогове значення 0,5. Значущість перевірки за критерієм сферичності Бартлета (0,034) є меншою 0,05, що також свідчить на користь застосування факторного аналізу.

Вивчення факторних структур розвідувального аналізу довело, що найбільше показників згруповано в 4 фактори, тому під час проведення підтверджувального факторного аналізу (з варімакс обертаням) було примусово встановлено, що кількість факторів має дорівнювати 4. Результати факторного аналізу після обертання демонструє табл. 2.

Аналіз показників, які увійшли до фактору 1 (самоефективність; уміння ефективно комунікувати з використанням цифрових інструментів; уміння використовувати цифрові інструменти для оцінювання знань та навичок студентів; уміння створювати та редагувати цифровий навчальний контент; здатність швидко адаптуватися до нових цифрових технологій та змін у цифровому

Таблиця 2

Матриця факторних навантажень за результатами конфірматорного факторного аналізу (приклад 2)

Показник	Фактор			
	1	2	3	4
Усвідомлення важливості цифрових і мультимедійних технологій для професійної діяльності в освіті				
Пізнавальна активність			,871	
Усвідомлення важливості впровадження цифрових інновацій		,837		
Самоефективність	,886			
Педагогічна рефлексія				,906
Розуміння принципів створення та редагування цифрового контенту				
Уміння організувати освітній процес з використанням цифрових технологій				
Розуміння переваг використання цифрових і мультимедійних технологій в освіті				
Мотивація до самовдосконалення в цифровій сфері		,908		
Уміння ефективно комунікувати з використанням цифрових інструментів	,905			
Прагнення досягти кращих результатів навчання за допомогою цифрових технологій		,784		
Зацікавленість у вивченні та застосуванні нових цифрових інструментів		,879		
Знання базових понять цифрових технологій			,875	
Знання принципів роботи з комп'ютером та цифровими пристроями				-,372
Оцінка впливу використання цифрових технологій на результати професійної діяльності				,837
Знання офісного програмного забезпечення				
Знання цифрових і мультимедійних технологій навчання			,865	
Уміння використовувати цифрові інструменти для оцінювання знань та навичок студентів	,875			
Знання методики використання цифрових технологій в освіті			,819	
Знання інформаційної безпеки та етичного використання цифрових технологій				
Уміння створювати та редагувати цифровий навчальний контент	,834			
Самооцінка власного рівня цифрової компетентності				
Здатність аналізувати власну практику використання цифрових технологій та робити висновки				
Здатність отримувати та аналізувати зворотний зв'язок від колег та студентів щодо використання цифрових технологій				,933
Здатність швидко адаптуватися до нових цифрових технологій та змін у цифровому середовищі	,830			

середовищі) доводить, що цей фактор можна назвати **операційно-технологічний компонент цифрової компетентності викладача**. Фактор 2 поєднує 4 показники – усвідомлення важливості впровадження цифрових інновацій; мотивація до самовдосконалення в цифровій сфері; прагнення досягти кращих результатів навчання за допомогою цифрових технологій; зацікавленість у вивченні та застосуванні нових цифрових інструментів. Формулювання цих показників розкриває мотивацію до вивчення цифрових технологій та їх застосування у професійній діяльності, тому вважаємо що краще назвати цей компонент **мотиваційно-ціннісний компонент цифрової компетентності викладача**. До фактору 3 увійшло 4 показники: пізнавальна активність; знання базових понять цифрових технологій; знання цифрових і мультимедійних технологій навчання; знання методики використання цифрових технологій в освіті. Зміст показників, що потрапили до фактору 3, охоплює теоретичні й методичні знання, саме тому його можна назвати **теоретико-методичний компонент цифрової компетентності викладача**. Останній фактор поєднав лише 3 показники (показник знання принципів роботи з комп'ютером та цифровими пристроями отримав замале факторне навантаження – $-0,372$): педагогічна рефлексія; оцінка впливу використання цифрових технологій на результати професійної діяльності; здатність отримувати та аналізувати зворотний зв'язок від колег та студентів щодо використання цифрових технологій. Вважаємо, що його можна назвати **рефлексивно-аналітичний компонент цифрової компетентності викладача**.

Аналогічно попередньому прикладу можна здійснити добір діагностичного інструментарію для проведення педагогічного експерименту. Вважаємо, що проблема пов'язана не з якістю методик, а можливо з тим, що вони погано поєднуються в контексті відповідного дослідження. Зазвичай для діагностування одного показника існує низка різноманітних інструментів. Наприклад, для діагностування мотивації досягнення успіху розроблені наступні методики: опитувальник досягнення (авт. Дж. Аткинсон); тест-опитувальник мотивації до успіху (Т. Елерса); методика діагностики потреби в досягненні (Г. Мюррея) тощо. Можна взяти хоча б 2 діагностичні інструменти, а який з них більш доречний в контексті дослідження допоможе встановити факторний аналіз. Паралельно факторні структури дадуть змогу визначити компоненти.

Звичайно для проведення факторного аналізу необхідно оволодіти методами цього багатомірного методу математичної статистики, навчитися застосовувати інструменти з реалізації розрахунків та інтерпретувати отримані результати. Ця думка відповідає тезису відомої української науко-

виці С. Сисоєвої: «значна увага під час підготовки докторів філософії в галузі освіти повинна приділятися оволодінню методами наукового дослідження, організації і проведенню експерименту, визначенню його вірогідності, методам математичної статистики» [12, с. 17].

Висновки і пропозиції. Отже, сьогодні недостатньо вивчені перспективні можливості факторного аналізу в аспекті проведення педагогічного дослідження. На жаль є лише поодинокі випадки його застосування. Наведені в публікації приклади не вичерпують всіх можливостей цього статистичного методу в дослідженні з освітніх наук. Це вимагає збагачення змісту дисципліни «Статистичні методи обробки результатів педагогічних досліджень засобами інформаційних технологій» темою «Факторний аналіз в педагогічному дослідженні», створення методів підготовки здобувачів ступеня PhD до застосування цього ефективного методу та інтерпретації отриманих результатів.

Список використаної літератури:

1. Фицула М. Педагогика вищої школи : навч. посіб. Київ : «Академвидав», 2006. 352 с.
2. Гончаренко С. Педагогічні дослідження: Методологічні поради молодим науковцям. Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2008. 277 с.
3. Ордановська О. Теорія і практика підготовки майбутніх учителів фізико-математичних дисциплін до роботи у профільній школі: технолого-орієнтований підхід : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського». Одеса, 2016. 501 с.
4. Überla K. Faktorenanalyse: Eine Systematische Einführung Für Psychologen, Mediziner, Wirtschafts- Und Sozial-Wissenschaftler. Springer, 2013. 411 p.
5. Kim J.-O. Factor analysis: Statistical methods and practical issues. Beverly Hills, Calif : Sage Publications, 1978. 88 p.
6. Мосіюк О. Підготовка майбутнього вчителя математики до інноваційно-дослідницької діяльності засобами комп'ютерних технологій : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Житомирський державний університет імені Івана Франка. Житомир, 2015. 268 с.
7. Бік К. Розробка та апробація авторської методики діагностики авторитарності особистості. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Психологія*. Харків, 2012. Т. 1032, № 50. С. 85–88.
8. Саврасова-В'юн Т. Розробка й апробація авторської методики «Особистісні активи». *Габітус*. Одеса, 2022. № 41. С. 173–178.
9. Павелків К. Факторний аналіз педагогічних умов іншомовної підготовки майбутніх фахівців

- соціальної сфери в умовах університету. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки*. Миколаїв, 2018. № 4. С. 82–87.
10. Степанченко Н. Система професійної підготовки майбутніх учителів фізичного виховання у вищих навчальних закладах : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. Вінниця, 2017. 629 с.
11. Шалівська Ю. Педагогічні умови підготовки майбутніх учителів початкової школи до комунікативно-мовленнєвого розвитку учнів : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Рівненський державний гуманітарний університет. Рівне, 2018. 315 с.
12. Сисоєва С., Рєгейло І. Підготовка докторів філософії у галузі освіти: досвід провідних університетів світу. *Рідна школа*. Київ, 2016. № 5-6. С. 12–18.
-

Pshenychna O. Prospective directions for the use of factor analysis in pedagogical research

The article examines the prospects of applying factor analysis in pedagogical research. It substantiates the importance of this method for scientific studies in the field of education. An analysis of publications revealed several ways to utilize this multivariate statistical method: designing pedagogical conditions, developing diagnostic tools, and constructing the component structure of competence. The review of publications on factor analysis allowed for outlining the sequence of its implementation and formulating requirements for its application: analyzing survey results from at least 50 respondents; conducting the procedure in two stages – exploratory and confirmatory; and verifying the appropriateness of factor analysis and the adequacy of identified factors. The examples presented in the article are directly related to pedagogical research. The first example demonstrates the procedure for developing the author's methodology, titled «Diagnostics of Future Teachers' Interest in the Use of Information Technologies and Their Acceptance of IT-Based Activities as Significant». Factor analysis of the evaluation results for 20 questionnaire statements enabled the identification of four scales and their meaningful interpretation. The second example relates to constructing the structure of teachers' digital competence. Factor analysis was conducted based on a survey of 50 practitioner educators who rated the significance of each of 25 indicators within the structure of digital competence for higher education teachers on a five-point scale. During the application of this multivariate statistical method, it was found that, according to experts, only 15 proposed indicators are essential for digital competence. The substantive interpretation of the resulting factor structure allowed the identification of the following components of teachers' digital competence: operational-technological, motivational-value-based, theoretical-methodological, and reflexive-analytical. The prospective opportunities of factor analysis for pedagogical research, as outlined in the article, underscore the need to improve the content and methodology of preparing PhD candidates in education.

Key words: pedagogical research, standardization of author's methodology, factor, factor structure, factor analysis.