

ПОБУДОВА ПРАВИЛ ДИСКРИМІНАЦІЇ ДОБОВИХ ГРАФІКІВ ВИТРАТИ ВОДИ З МЕРЕЖІ ВОДОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННИХ ТА СОЦІАЛЬНИХ ЧИННИКІВ

Л. В. Давиденко, Н. В. Давиденко

Луцький національний технічний університет
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018, Україна.

E-mail: L.Davydenko033@gmail.com; ninadavydenko1992@gmail.com

Обґрунтовано необхідність врахування впливу чинників зовнішнього середовища для забезпечення ефективного електроспоживання. Запропоновано процедуру формалізації впливу сезонних та соціальних чинників на режим водоподачі, яка спирається на пошук подібності у добових графіках витрати води з мережі водопостачання. Для опису графіків використано набори класичних (для формалізації впливу сезонності) та морфометричних (для формалізації впливу соціальних чинників) показників. Виконано інтерпретацію відмінностей та визначено набори змінних, які мають найбільший внесок в дискримінацію груп. Побудовано канонічні дискримінантні функції та виконано перевірку їх статистичної значущості. Побудовані правила дискримінації дозволяють прогнозувати належність добових графіків витрати води до однієї з типових груп за сезоном та типом дня. Об'єкти, що утворюють кожну з груп, мають загальні закономірності впливу дискримінантних змінних.

Ключові слова: дискримінантний аналіз, дискримінантна функція, дискримінантні змінні.

ПОСТРОЕНИЕ ПРАВИЛ ДИСКРИМИНАЦИИ СУТОЧНЫХ ГРАФИКОВ РАСХОДА ВОДЫ С СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ СЕЗОННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

Л. В. Давыденко, Н. В. Давыденко

Луцкий национальный технический университет
ул. Львовская, 75, г. Луцк, 43018, Украина.

E-mail: L.Davydenko033@gmail.com; ninadavydenko1992@gmail.com

Обоснована необходимость учета влияния факторов внешней среды для обеспечения эффективного электропотребления. Предложена процедура формализации влияния сезонных и социальных факторов на режим водоподачи, опирающаяся на поиск сходства в суточных графиках расхода воды из сети водоснабжения. Для описания графиков использованы наборы классических (для формализации влияния сезонности) и морфометрических (для формализации влияния социальных факторов) показателей. Выполнена интерпретация различий и определены наборы переменных, которые имеют наибольший вклад в дискриминацию групп. Построены канонические дискриминантные функции и выполнена проверка их статистической значимости. Построенные правила дискриминации позволяют прогнозировать принадлежность суточных графиков расхода воды к одной из типичных групп за сезоном и типом дня. Объекты, образующие каждую из групп, имеют общие закономерности влияния дискриминантных переменных.

Ключевые слова: дискриминантный анализ, дискриминантная функция, дискриминантные переменные.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Забезпечення ефективного електроспоживання вимагає оптимізації режиму електроспоживання об'єктів водопостачання, а також оптимізації технологічного процесу водоподачі. Цільовою функцією оптимізації технологічних режимів насосної станції є мінімізація її енергетичних витрат за умови забезпечення безперервної подачі води споживачу і дотримання заданого напору в контрольних точках водопровідної мережі відповідно до реального режиму водоспоживання [1], яке є змінною величиною. Зміни водоспоживання в часі відображають циклічність щоденного способу життя: робочий час, час відпочинку, релігійні свята [2]. Крім добової циклічності спостерігається циклічність протягом тижня і річна повторюваність графіка [3]. Тобто, водоспоживання формується під впливом чинників зовнішнього середовища, зокрема, сезонних, що відображають залежність водоспоживання від погодних явищ: зміни температури повітря, виникнення атмосферних явищ і опадів, та соціальних чинників, що відображають залежність водоспоживання від зміни ритму життя населення у робочі, вихідні дні. Зовнішнє середовище це сукупність факторів, які визначають організацію технологічного процесу водопостачання та безпосередньо впливають на ефективність режиму електроспожи-

вання [4]. Урахування впливу соціальних та сезонних чинників зовнішнього середовища на характер добового водоспоживання є необхідною умовою реалізації процедур-алгоритмів планування ефективних режимів водоподачі та електроспоживання для кожного з характерних днів. На першому етапі аналізу впливу чинників зовнішнього середовища слід ідентифікувати ключові фактори та виконати їх формалізацію.

Актуальним напрямком підвищення ефективності роботи підприємств водопостачання міст є управління водопостачанням на основі розвитку систем моніторингу [5], які забезпечують можливість створення великих баз даних, що містять інформацію про режими роботи об'єктів водопостачання, та використання методів інтелектуального аналізу даних для аналізу інформації. Основним режимним показником процесу водоподачі є добовий графік витрати води (ГВВ) з мережі водопостачання [6]. Один із можливих підходів до оптимізації режиму роботи об'єктів водопостачання є попереднє створення бази даних добової витрати води з мережі в межах системи моніторингу режимів системи водопостачання. На її основі можливе здійснення аналізу добового ГВВ, тобто дослідження його основних параметрів [6] для пошуку прихованих закономірностей з ура-

хуванням впливу зовнішніх чинників, що визначають процес водоспоживання.

Метою роботи є формування набору змінних та побудова правил розрізнення добових графіків витрати води з мережі водопостачання з урахуванням впливу сезонних та соціальних чинників.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Задача пошуку прихованих закономірностей на основі дослідження параметрів добового ГВВ може бути розв'язана шляхом формування класів подібних ГВВ. Вимірюваному процесу ставиться у відповідність мінімальний набір ознак. Точки групуються в кластери, на які розбивається множина реалізацій досліджуваного процесу; об'єкти - добові ГВВ; ознаки - параметри ГВВ; кластер - група подібних ГВВ. Для виконання такого розбиття є доцільним використання дискримінантного аналізу (ДА), який дозволяє класифікувати (прогнозувати імовірність належності до класу) нові об'єкти на основі «навчання» за емпіричними даними - навчальними вибірками. ДА полягає в розробці правил розрізнення (дискримінації) об'єктів спостереження за певними ознаками, при цьому повинно бути задане деяке число об'єктів, із зазначенням їх приналежності до навчальних груп (кластерів). Саме за навчальною вибіркою отримують вирішальні правила, які в подальшому дозволяють визначити, до якого класу належать нові об'єкти, а заодно і об'єкти, що містяться в навчальних групах, до заданих класів [7].

У загальному випадку задача формулюється таким чином. Нехай результатом спостереження над об'єктом є побудова m -мірного випадкового вектора $X = (X_1, \dots, X_m)$, де X_1, \dots, X_m - ознаки об'єкта. Початкова таблиця спостережень розбита на S непересічних підмножин рядків, де кожному рядку X поставлений у відповідність клас $S_l, l=1,2,\dots,k$ і будь-якому з k класів належить не менше одного об'єкта.

Потрібно встановити правило, згідно з яким за значеннями координат вектора X спостереження (об'єкт) n відносять до одного з можливих класів S_l :

$$S_l = \{X: d(X) = l\}, l = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

де S_l - $n_l \times m$ -мірні області в просторі $M(X)$ можливих значень багатовимірного вектору ознак X ; $d(X)$ - дискримінантна функція.

Алгоритм ДА розглядає багатовимірний простір ознак (змінних), в якому розташовані об'єкти. Для опису добового ГВВ використано параметри, які відображають абсолютні характеристики режиму водоподачі, та класичні показники нерівномірності добових графіків: середнє, максимальне (мінімальне) значення; дисперсію, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнти форми, максимуму, заповнення та нерівномірності [6]. Для більш детальної оцінки нерівномірності ГВВ застосовано морфометричний підхід [8]. Добовий ГВВ представлено у вигляді діаграми радарного типу (ДРТ) та використано базові (периметр; площа; центр ваги; округлість; компактність; видовження; випуклість) та похідні (радіус вписаного та описаного кіл; довжина, ширина; головна та додаткова вісь видовження; периметр

випуклості; площа випуклості; кут осей видовження) морфометричні параметри.

Оскільки одночасне врахування багатьох ознак, що описують ГВВ, ускладнює інтерпретацію отриманих результатів, то групування добових ГВВ виконувалось у два етапи: 1 етап - за впливом сезонності; 2 етап - за впливом соціальних чинників (типом дня). На першому етапі використано характеристики ГВВ за об'ємами водоподачі та класичні показники нерівномірності: x_1 - об'єм добової витрати води з мережі; x_2 - максимальне значення добової витрати води; x_3 - мінімальне значення добової витрати води; x_4 - сумарна подача протягом денних годин доби; x_5 - мінімальне значення витрати води протягом денних годин доби; x_6 - середньодобове значення витрати води з мережі; x_7 - середнє значення витрати води протягом денних годин; x_8 - дисперсія; x_9 - дисперсія за день. Оскільки, добові ГВВ характеризуються відмінністю для різних днів тижня, то на другому етапі для врахування форми ГВВ використано морфометричні показники [6]: x_{10} - периметр ДРТ; x_{11} - площа ДРТ; x_{12} - R_{\min} ; x_{13} - R_{\max} ; x_{14} - округлість; x_{15} - компактність; x_{16} - видовження; x_{17} - головна вісь видовження x_{18} - додаткова вісь видовження; x_{19} - кут видовження; x_{20} - випуклість; x_{21} - периметр випуклості; x_{22} - площа випуклості; x_{23} - компактність випуклості x_{24} - зміщення координат центра ваги. Навчальна вибірка містить розбиття ГВВ на чотири кластери за сезоном та три кластери за типом дня.

В ході ДА в багатовимірному просторі ознак вибирається дискримінантна функція як комбінація відібраних змінних (дискримінантів), яка б найкраще відображала відмінності між групами об'єктів і оптимально розділяла дані групи - канонічна розділяюча функція, яка розраховується як сума «вкладу» змінних в зміну залежної змінної [9, 10]:

$$d_{ln} = \beta_0 + \beta_1 x_{1ln} + \dots + \beta_m x_{mln}, \quad (2)$$

де d_{ln} - значення дискримінантної функції (канонічних коренів) для n -го об'єкта в групі l ; x_{ilm} - значення дискримінантної змінної X_i для n -го об'єкта в групі l ; β_i - коефіцієнти канонічної дискримінації.

Коефіцієнти вкладу і константа розраховуються таким чином, щоб значення ДФ з максимальною точністю відображало приналежність об'єкта до класу. Отримані в результаті аналізу коефіцієнти при незалежних змінних показують відносну важливість кожної з них при проведенні класифікації, тобто в якій мірі відмінності між кластерами обумовлені відмінностями в оцінках кожної змінної. Змінні з вищими коефіцієнтами характеризуються як такі, що формують значні відмінності між кластерами і навпаки.

ДФ тим краща, чим менше розсіяння точок відносно центроїда усередині групи і чим більша відстань між центроїдами. Один з методів пошуку найкращої дискримінації (розділення) даних полягає в знаходженні такої канонічної розділяючої функції d , яка б максимізувала відношення міжгрупової варіації до внутрішньогрупової [10].

Так як ДФ знаходяться за вибірковими даними, то необхідною є перевірка її статистичної значущості, яку визначають декількома способами [9, 10]:

1. Ступінь розділення вибіркових груп залежить від величини власних значень функції. Чим більше власне число, тим сильніше розділення.

2. Розділяючу здатність i -ої функції оцінюють за відносною величиною у відсотках власного числа λ_i від суми всіх λ - відсотком поясненої дисперсії, який показує, якою є функція порівняно з іншими, тобто та, яка має більший процентний вміст, сильніше впливає на дискримінацію.

3. Корисність канонічної ДФ оцінюють за допомогою коефіцієнту канонічної кореляції, який є мірою зв'язку між групами і ДФ. Чим більша величина r_i , тим краща роздільна здатність ДФ.

4. Оцінку залишкової дискримінації виконують за допомогою лямбда-статистики Уїлкса Λ - міри відмінностей між класами за декількома дискримінантними змінними. Λ є «зворотною» мірою, тому величини Λ , близькі до нуля, вказують на високий ступінь розрізнення (тобто, центроїди класів сильно відрізняються один від одного). Чим менша ця статистика, тим більш значущою є відповідна ДФ. Якщо $\Lambda = 0$, то це свідчить про ідеальний випадок розбиття сукупності на групи. В реальних дослідженнях невеликі значення Λ свідчать про успішне розбиття сукупності об'єктів на групи. Їм відповідають високі значення F - критерію та низькі величини

імовірності p помилково відхилити нульову гіпотезу H_0 про відсутність відмінностей між груповими середніми, що тестується. Якщо значення Λ надто високі та значення F - критерію низькі, то необхідно визначити результати дослідження як помилкові, тобто вихідну сукупність було визначено неоднорідною, коли насправді вона була однорідною;

5. Для визначення значущості усіх ДФ (оцінки вкладів канонічних коренів на рівень значущості моделі) використовують критерій χ^2 .

ДА виконано за допомогою модуля Discriminant Analysis пакету ПП Statistica 6.0.

Для усунення суб'єктивізму у виборі параметрів застосовано покроковий алгоритм ДА, зокрема, з включенням, в якому змінні вводяться послідовно, виходячи із їхньої здатності розділяти класи.

Узагальнені результати ДА (табл. 1) підтвердили статистичну значущість дискримінації, значущість та інформативність ознак. Загальне значення статистики Уїлкса з урахуванням всіх змінних наближується до 0, що свідчить про хорошу якість дискримінації навчальної вибірки. Значення лямбда Уїлкса, обчислене для кожної з змінних для аналізу, в якому дана змінна не використовується, вказує ступінь важливості кожної з ознак. Найбільший внесок з точки зору дискримінації груп за впливом сезонності має об'єм добової витрати води з мережі (x_1), а за впливом соціальних чинників - видовження (x_7).

Таблиця 1 – Результати ДА

Тип задачі	Результати розрахунку						
За впливом сезонності	Результати аналізу дискримінантних функцій; Крок 4 (кінцевий), Змінних в моделі: 4; Групувача: КЛАСТЕР (4 гр.) Лямбда Уїлкса: 0,07529 спостереж. F (12,817)=112,99 p<0,0000						
		Уїлкса лямбда	Часткова лямбда	F-виключ (3,309)	p-рівень значимості	Толерантність	1-толерантність (R ²)
	x_1	0,135	0,553	83,01	0,000000	0,956	0,044
	x_5	0,088	0,851	18,02	0,000000	0,702	0,298
	x_2	0,083	0,904	10,88	0,000001	0,598	0,401
x_9	0,077	0,972	2,97	0,031963	0,555	0,445	
За впливом соціальних чинників (сезон «зима»)	Результати аналізу дискримінантних функцій; Крок 5 (кінцевий), Змінних в моделі: 5; Групувача: КЛАСТЕР (3 гр.) Лямбда Уїлкса: 0,10134 спостереж. F (10,33)=70,663 p<0,0000						
		Уїлкса лямбда	Часткова лямбда	F-виключ (2,165)	p-рівень значимості	Толерантність	1-толерантність (R ²)
	x_7	0,197	0,514	77,86	0,000000	0,733	0,267
	x_{10}	0,142	0,711	33,53	0,000000	0,991	0,009
	x_2	0,128	0,789	22,03	0,000000	0,922	0,078
x_{11}	0,119	0,849	14,67	0,000001	0,9038	0,097	
x_5	0,114	0,887	10,52	0,000050	0,758	0,242	

Для визначення природи дискримінації основних показників проведено канонічний аналіз дискримінантної моделі, який дозволяє дослідити взаємозв'язок між двома наборами змінних, тобто оцінити рівень канонічної кореляції, що базується на аналізі канонічних ДФ - так званих канонічних коренів, які вибрані так, щоб найкраще відобразити відмінності між групами, і є лінійними комбінаціями дискримінантних змінних.

Для оцінки того, як виділені дискримінантні змінні поділяють сукупності, були обчислені ДФ. Їх максимальна кількість визначається кількістю класів

без одиниці, що дозволило визначити канонічну модель з трьома (для 1 етапу) та двома (для 2 етапу) канонічними коренями.

Вихідні (нестандартизовані) коефіцієнти дискримінантних функцій (коефіцієнти канонічних змінних) (табл. 2), які є множниками заданих значень незалежної змінної, разом із спостереженими даними дозволяють розрахувати значення ДФ (координату даної точки по осі відповідного кореня) та визначити вагу ДФ для класифікації об'єкту.

Рівняння канонічних ДФ, що розділяють вибірку на класи представлено в табл. 3.

Таблиця 2 – Нестандартизовані коефіцієнти ДФ

За впливом сезонності			
	Кор. 1	Кор. 2	Кор. 3
x_1	1,746	0,091	-1,104
x_9	-0,322	0,39	1,573
x_5	0,294	-1,011	1,887
x_2	0,258	0,986	-0,357
Конст-та	-0,028	0,114	-0,028
Власні знач.	3,526	1,912	0,007
Кумул. частка	0,647	0,998	1,000

За впливом соціальних чинників (сезон «Зима»)		
	Кор. 1	Кор. 2
x_7	-1,601	0,051
x_{11}	-0,172	-0,674
x_{10}	0,811	-0,316
x_2	0,192	-0,753
x_5	0,222	-0,628
Конст-та	-0,053	-0,0132
Власні знач.	3,068	1,425
Кумул. частка	0,682	1,000

Таблиця 3 – Рівняння канонічних ДФ

За впливом сезонності
$d_1 = -0,028 + 1,746x_1 - 0,322x_9 + 0,294x_5 - 0,258x_2$;
$d_2 = 0,114 + 0,091x_1 + 0,39x_9 - 1,011x_5 + 0,986x_2$;
$d_3 = -0,028 - 1,104x_1 + 1,573x_9 + 1,887x_5 - 0,357x_2$.

За впливом соціальних чинників (сезон «Зима»)
$d_1 = -0,053 - 1,601x_7 - 0,172x_{11} + 0,811x_{10} + 0,192x_2 + 0,222x_5$;
$d_2 = -0,013 + 0,051x_7 - 0,674x_{11} - 0,316x_{10} - 0,753x_2 - 0,628x_5$;

Значення ДФ використовується для передбачення, до якої групи належить кожен об'єкт. Для цього розраховуються групові центроїди ДФ та відстань між значеннями кожної ДФ і центроїдами класів. Об'єкт належить до групи, центроїд якої є найближчим.

Корисність ДФ оцінювалася коефіцієнтом канонічної кореляції; відмінність між класами - λ -статистикою Уїлкса; значимість ДФ - розподілом χ^2 . Таблиця результатів за покроковим критерієм для канонічних коренів (табл. 4) дозволила визначити, які з коренів є статистично значущими.

Таблиця 4 – Результати оцінки впливу видалення канонічних коренів

Критерій χ^2 -квадрат з послідовно виключеними коренями						
Корені виключені	Власне значення	Канонічна кореляція R	Уїлкса лямбда	χ^2 -квадрат	Ступені свободи	p-рівень значимості
За впливом сезонності						
0	3,525	0,882	0,075	804,36	12	0,000
1	1,912	0,810	0,341	334,81	6	0,000
2	0,007	0,187	0,992	22,38	2	0,030
За впливом соціальних чинників (сезон «Зима»)						
0	3,068	0,868	0,101	382,31	10	0,000
1	1,425	0,766	0,412	147,95	4	0,000

Перший рядок таблиці дає критерій значущості для всіх коренів. Рівень значущості $p < 0,05$, отже, є хоча б один канонічний корінь, який є статистично значущим. Значущість критерію підтверджує наявність відмінностей між групами. Отже, перша ДФ значуща. Другий рядок характеризує значущість коренів, що залишилися після видалення першого кореня. Можна оцінити, скільки значущих коренів потрібно інтерпретувати. Так як $p < 0,05$, серед решти коренів є статистично значущі. Аналогічно визначено, що всі корені статистично значущі. Крім того, за умови видалення одного з коренів спостерігається падіння рівня статистичної значущості моделі (лямбда статистика Уїлкса зростає, а критерій χ^2 - спадає). Дані таблиці вказують на хорошу дискримінацію груп: велика величина канонічної кореляції відповідає тісному зв'язку ДФ з групами; мала величина λ -статистики Уїлкса означає, що використані змінні ефективно беруть участь в розрізненні груп, статистика χ^2 значуща з рівнем меншим 0,05.

Для інтерпретації напрямку і внеску змінних в значення ДФ використано стандартизовані коефіцієнти канонічної дискримінації (табл. 5). Найбільший вклад в ДФ для моделі за впливом сезонності в функцію d_1 має змінна x_1 ; в функцію d_2 - змінні x_2 та x_5 , але з протилежними знаками; в функцію d_3 - змінні x_5 та x_9 . Для моделі за впливом соціальних чинників

найбільший вклад в функцію d_1 мають змінні x_7 та x_{10} , але з протилежними знаками; в функцію d_2 - змінні x_2 , x_{11} та x_5 .

Таблиця 5 – Стандартизовані коефіцієнти ДФ

За впливом сезонності			
	Корінь 1	Корінь 2	Корінь 3
x_1	0,867	0,045	-0,548
x_9	-0,208	0,253	1,019
x_5	0,179	-0,616	1,149
x_2	0,165	0,629	-0,228
Власні знач.	3,526	1,9122	0,007
Кумул. частка	0,647	0,998	1,000

За впливом соціальних чинників (сезон «Зима»)		
	Корінь 1	Корінь 2
x_7	-0,937	0,029
x_{11}	-0,131	-0,512
x_{10}	0,588	-0,229
x_2	0,153	-0,599
x_5	0,165	-0,467
Власні знач.	3,068	1,425
Кумул. частка	0,683	1,000

Для кожної ДФ розраховано власне значення та кумулятивна частка поясненої дисперсії, накопиченої кожною ДФ.

Аналіз зведених результатів оцінки значущості ДФ (табл. 6) дозволяє стверджувати: в обох задачах найбільшими дискримінуючими можливостями у порівнянні з іншими ДФ володіє перша ДФ. Саме першою функцією визначається основна частка дискримінуючої потужності (високий процент поясне-

ної дисперсії, великі значення канонічної кореляції та критерію хі-квадрат підтверджують її дискримінаційні властивості). В той же час друга ДФ також володіє значною розділяючою здатністю. Слабкою розділяючою здатністю володіє третя ДФ для задачі виявлення впливу сезонності.

Таблиця 6 – Зведені результати ДА

ДФ	Власне значення	% поясненої дисперсії	Кумулятивний %	Канонічна кореляція	Лямбда-Уїлкса	Хі-квадрат
За впливом сезонності						
d ₁	3,526	64,74	64,74	0,882	0,075	804,36
d ₂	1,912	35,1	99,85	0,810	0,341	334,81
d ₃	0,007	0,15	100	0,187	0,992	22,38
За впливом соціальних чинників (сезон «Зима»)						
d ₁	3,068	68,28	68,28	0,868	0,101	382,31
d ₂	1,425	31,72	100	0,766	0,412	147,95

Для розуміння змісту ДФ та визначення, які змінні визначають кожну ДФ, використано матрицю факторної структури (табл. 7), яка відображає кореляції змінних і функцій дискримінації. Її структурні коефіцієнти є об'єднаними внутрішньогруповими кореляціями між змінними в моделі і дискримінуючою функцією. Їх розглядають як факторні навантаження змінних на кожну ДФ та використовують для змістовної інтерпретації «значущості» ДФ.

Таблиця 7 – Матриця факторної структури

За впливом сезонності			
Змінна	Кор. 1	Кор. 2	Кор. 3
x ₁	0,953	0,197	-0,114
x ₉	0,004	0,882	0,362
x ₅	0,543	-0,554	0,579
x ₂	0,462	0,677	0,429
За впливом соціальних чинників (сезон «Зима»)			
Змінна	Кор. 1	Кор. 2	
x ₇	-0,787	-0,234	
x ₁₁	0,015	-0,649	
x ₁₀	0,535	-0,202	
x ₂	-0,081	-0,624	
x ₅	-0,226	-0,542	

У випадку дискримінантної моделі за впливом сезонності найбільша кореляція із найбільш значимою ДФ спостерігається для змінної x₁ (0,953), разом з тим, має місце значна кореляція із змінними x₅ (0,543) та x₂ (0,462). У випадку моделі за впливом соціальних чинників - найбільша кореляція спостерігається для змінної x₇ (-0,787), проте, має місце значна кореляція для змінної x₁₀ (0,534). Різні знаки у структурних коефіцієнтів інтерпретують так: вихідні змінні, що мають різний напрям зв'язку з ДФ, будуть орієнтувати об'єкти в різних напрямках, віддаляючи або наближаючи їх до центрів класів.

Визначення природи дискримінації для кожної ДФ базувалось на аналізі середніх значень канонічних змінних (табл. 8), що дозволило визначити групи, які найкраще ідентифікуються конкретною ДФ.

Об'єкти, що утворили кожну з груп, мають загальні закономірності впливу дискримінантних змінних, комбінація яких та їх сила впливу визначає віднесення ГВВ до певної групи.

Таблиця 8 – Середні значення змінних

За впливом сезонності			
	Кор. 1	Кор. 2	Кор. 3
G_1:1	-1,703	-1,148	0,0583
G_2:2	1,689	-0,557	-0,067
G_3:3	0,237	2,146	0,055
G_4:4	-9,344	2,856	-0,499
За впливом соціальних чинників (сезон «Зима»)			
	Кор. 1	Кор. 2	
G_1:1	0,277	-1,023	
G_2:2	1,201	1,519	
G_3:3	-4,646	0,783	

ВИСНОВКИ. Застосування ДА забезпечує можливість інтерпретації міжгрупових відмінностей; пошуку найбільш інформативних змінних, які найкраще відрізняють об'єкти різних груп, а також класифікації ГВВ у різні групи (прогнозування імовірності належності до відповідного класу), що дозволяє сформулювати групи однотипних ГВВ.

Автори висловлюють подяку дирекції та персоналу КП «Луцькводоканал» за сприяння у проведенні досліджень та надання необхідної інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Романчук С. М. Алгоритми управління технологічними режимами водоснабження городів. *Проблеми екології*. 2013. № 1(31). С. 98–108.
2. Шушкевич Е. В. Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2011. № 1. С. 24–30.
3. Алексеева Ю. А., Коренькова Т. В. К вопросу построения модели водопотребления в гидротранспортных комплексах. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського*. 2008. Вип. 4/2008 (51). Ч. 1. С. 136–139.
4. Давиденко Н. В. Формалізація урахування чинників впливу на ефективність режиму електропоживання в системі комунального водопостачання. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. 2016. Вип. 175. С. 69–70.

5. Романчук С. М. Направлення розвитку городських АСУ ТП водоснабження і водоотведення. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка*. 2014. №1(19). С. 131–138.

6. Розен В. П., Давиденко Н. В. Формування множини характеристик фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2015. № 3 (41). С. 85–92.

7. Гайдьшев І. Аналіз і обробка даних. СПб: Питер, 2001. 752 с.

8. Коменда Т. І., Коменда Н. В. Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання. Луцьк: Луцький НТУ, 2012. 112 с.

9. Пістунів І. М. Кластерний аналіз в економіці. Дніпропетровськ: НГУ, 2008. 84 с.

10. Каримов Р. Н. Основы дискриминантного анализа. Саратов: СГТУ, 2002. 108 с.

CONSTRUCTION OF DISCRIMINATION RULES OF DAILY WATER CONSUMPTION GRAPHS FROM THE WATER SUPPLY NETWORK WITH CONSIDERATION OF SEASONAL AND SOCIAL FACTORS

L. Davydenko, N. Davydenko

Lutsk National Technical University

vul. Lvivska, 75, Lutsk, 43018, Ukraine. E-mail: L.Davydenko033@gmail.com; ninadavydenko1992@gmail.com

Purpose. To form the influence of seasonal and social factors on the nature of water consumption from the water supply network for their further consideration during planning effective power consumption. **Methodology.** The mathematical apparatus of discriminant analysis has been used to find similarity in the daily water consumption graphs from the water supply network. To identify the influence of seasonal factors, daily water consumption graphs have been described with a set of classical indicators of daily graphs unevenness. To detect the influence of seasonal factors, daily water consumption graphs have been described with a set of morphometric parameters. **Results.** The interpretation of differences has been performed and sets of variables that are the most contributing to discrimination of groups of water consumption graphs from the water supply network have been defined. It has been established that according to the influence of seasonality the largest contribution is the amount of daily water consumption from the water supply network, and, due to the influence of social factors, elongation. This has been confirmed the assumption of the influence of the changes the life rhythm of the population depending on the season and day type on the water consumption nature. Canonical discriminatory functions have been constructed and their statistical significance has been checked too. This provides an opportunity to forecast the accordance of daily water consumption graphs to one of the typical groups. **Originality.** The procedure for taking into consideration the influence of seasonal and social factors on the nature of water consumption from the water supply network has been proposed for the first time. Its implementation allows forming groups of similar graphs by season and type of day. Objects that form each of the groups have the general regularities of the influence of discriminant variables. **Practical value.** We can detect the accordance of new water consumption graphs from the water supply network to typical groups by season and day type. This provides the possibility of planning energy efficient water supply regime and efficient power consumption regime. References 10, tables 8.

Key words: discriminant analysis, discriminant function, discriminant variables.

REFERENCES

1. Romanchuk, S. M. (2013), "Algorithms of managing technological regimes of water supply of cities", *Problems of ecology*, No. 1 (31), pp. 98-108.

2. Shushkevich, E. V. (2011), "Effective management of the system of supply and distribution of water in the Moscow metropolis", *Water supply and sanitary engineering*, No. 1, pp. 24-30.

3. Alekseeva, Yu. A., Korenkova, T. V. (2008), «To the question of constructing a model of water consumption in hydrotransport complexes», *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, issue. 4, no. 51, part 1, pp. 136-139.

4. Davydenko, N. V. (2016), "Formalization of the influencing factors on the efficiency of the power consumption mode in the public water supply system", *Bulletin of Kharkiv P. Vasilenko National Technical University of Agriculture*, Iss. 175, pp.69-70.

5. Romanchuk, S. M. (2014), "Directions for the development of urban automated systems of managing the technological process of water supply and water drainage", *Scientific works of DonNTU, Series "Informatics, Cybernetics and Computing Technology"*, no 1 (19), pp. 131-138.

6. Rosen, V. P., Davydenko, N. V. (2015), "Formation of the characteristics set of the actual regime of water consumption in municipal water supply systems", *Energy: Economics, Technology, Ecology*, no. 3 (41), pp. 85-92.

7. Gaidyshev, I. (2001), *Analiz i obrabotka dannykh* [Analysis and data processing], Peter, St. Petersburg, Russia.

8. Komenda, T. I., Komenda, N. V. (2012), *Morfometrychni metody i modeli otsinky ta zmeshennia nerivnomirnosti navantazhen system elektropostachannia* [Morphometric methods and models of estimation and decrease of unevenness loads of power supply systems], Lutsk NTU, Lutsk, Ukraine.

9. Pistunov, I. M. (2008), *Clusternyi analiz v ekonomitsi* [Cluster analysis in economics], National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine.

10. Karimov, R. N. (2002), *Osnovy diskriminannogo analiza* [Fundamentals of discriminant analysis], SSTU, Saratov, Russia.

Стаття надійшла 04.05.2018.