Ігнатова Ю. В. **УДК 330:51(075.8)**

СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ АГРОПРОМИСЛОВИМ ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕГУЛЯРНИХ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА

Кількість товарів та ціни на них на сільськогосподарських ринках, як правило, містять елементи випадковості, які можуть проявитися в більшій чи меншій мірі, і зумовлюють ризик та невизначеність в процесі їх формування і прогнозування. Як зазначає [1], існує важлива відмінність між ризиком і невизначеністю. Так, “невизначеність описує ситуацію, де декілька можливих результатів асоційовані з подією, але визначення ймовірностей настання цих результатів є неможливими. Ризик же дозволяє визначити імовірність настання цих результатів” [1].

Поняття нестійкості (від англ. volatility) елементів економічної системи близьке до поняття ризику і демонструє межі змін певних параметрів функцій та їх рух в межах певної економічної структури. Враховуючи присутність елемента випадковості в процесі діяльності економічних суб'єктів, ці функції будуть випадковими. Як стверджує [2], “нестійкість також може базуватися на реалізаціях випадкової змінної, що спостерігається протягом певного історичного періоду, чи формуватися у вигляді прихованих коливань”. Так, наприклад, цінові коливання (де ціна є випадковою функцією) можуть змінюватися протягом всього періоду спостереження і бути довгими, середніми чи короткими. Але, не всім ринкам притаманні цінові коливання. Так, їх позбавлені ті ринки, в умовах яких попит і пропозиція є більш менш стабільними із року в рік, і де еластичність попиту та еластичність пропозиції є високими. Лише продукція з нестабільним попитом і пропозицією спричинить цінові коливання із року в рік. Багатьом видам сільськогосподарської продукції притаманна сезонність, що призводить до різкого зростання цін в певні пікові періоди, а потім знижується поступово до звичайного не пікового стану.

Взагалі, попит і пропозиція на сільськогосподарську продукцію не завжди є еластичними, тобто об’єми попиту і пропозиції на неї змінюються пропорційно значно менше ніж ціни. Навіть невеликі поставки на ринок можуть призводити до великих цінових коливань.

Швидкість та ефективність, з якою відбуваються різні цінові коливання значною мірою залежать від ринкової структури, в межах якої продукція продається. Використовуючи [3] можна сформулювати стратегії управління підприємством в агропромисловому секторі:

– Число покупців і торговців: більша кількість ринкових учасників загалом асоціюється з підвищеною ціновою конкуренцією;

– Однорідність продукту в рамках типу, різноманітності, якості і т. і. характеристик: більше розширення номенклатури продукції загалом асоційоване з більшими ціновими відмінностями серед продукції і ринків;

– Число товарів-замінників: чим більше товарів-замінників тим очевидніше, що покупці мають більший вибір і є чутливішими;

– Можливості зберігання продукції: більший строк зберігання дає більше можливостей виробникові в рамках того, коли і за якими умовами продавати його продукцію;

– Прозорість ціноутворення: більша прозорість запобігає ціновій маніпуляції;

– Зручність транспортування продукції між покупцями і торговцями та серед ринків: більша рухливість обмежує просторові цінові відмінності;

– Штучні обмеження на ринкові процеси, наприклад урядова політика або ринкова таємна угода від головного учасника: чим більше штучних обмежень тим менше шансів в установленні ціни на її природному рівні. Деякі обмеження, як наприклад обмеження на імпорт, створюють обмеження у постачанні і тримають ціни на високому рівні, і навпаки, при інших видах обмежень, таких як ринкова таємна угода між декількома великими учасниками ринку, відбувається стримування ринкової ціни.

Наведені пункти мають розглядатися як окремий розділ дослідження. В даній статті нижче приведено приклад моделювання першого пункту, що дозволить використати результати цього моделювання в безпосередній практичній діяльності сільськогосподарських підприємств.

Враховуючи ту обставину, що кожному із вище приведених пунктів притаманна стохастичність, то для моделювання діяльності ринків сільськогосподарської продукції доцільно використовувати апарат стохастичного моделювання. Оскільки стохастичні моделі залежать від взаємодії таких ендогенних ринкових змінних як наприклад попит і пропозиція, та таких екзогенних змінних, як наприклад, зміна кількості населення або обмінний курс, то вони можуть спрогнозувати ринкову поведінку. Саме для опису взаємодії попиту і пропозиції на сільськогосподарські товари найкраще підходить теорія випадкових процесів. Базуючись на цій теорії, створюються стохастичні моделі, що описують діяльність на агропромислових ринках і дають змогу з певною ймовірністю прогнозувати ситуації, які можуть виникати внаслідок цієї діяльності. В діяльності сільськогосподарських підприємств застосування таких моделей не використовувалось в повній мірі, тому пропонується розглянути клас випадкових процесів, який має назву Марковських ланцюгів. Цей клас дозволить розширити клас стохастичних моделей в конкретній предметній області.

Розглянемо взаємодію попиту і пропозиції на сільськогосподарську продукцію на прикладі функціонування агропромислового підприємства, яке закупає соняшник і потім реалізує його на чотирьох пунктах ω_1, ω_2, ω_3, ω_4.

Закупівельна ціна на соняшник станом на 04.01.2012 становить 3500грн/т [6]. Відомо, що поставки на ω_1, ω_2, ω_3, ω_4 відбуваються раз на тиждень (1 крок - 1 тиждень).

Виходячи з попиту керівництво підприємства вирішило:

– в пункт ω_1 поставити 100 т соняшника;

– в пункт ω_2 поставити 20 т соняшника;

– в пункт ω_3 поставити 40 т соняшника;

– в пункт ω_4 поставити 25 т соняшника.

Причому, в залежності від попиту, якщо, наприклад, в пункті ω_1 буде не вистачати продукції, то з пункту ω_2 можна перекинути туди 5 т соняшника. Аналогічно в пункт ω_3 можна перекинути 1 т, а в ω_4 - 10 т.

В тому випадку, якщо, наприклад, в пункті ω_1 буде не вистачати продукції, то з пункту ω_3 можна перекинути туди 10 т соняшника. Аналогічно в пункт ω_2 можна перекинути 15 т, а в ω_4 - 10 т.

В тому випадку, якщо, наприклад, в пункті ω_1 буде не вистачати продукції, то з пункту ω_4 можна перекинути туди 5 т соняшника. Аналогічно в пункт ω_2 можна перекинути 5 т, а в ω_4 - 5 т.

Друге альтернативне рішення – фірма зобов'язалась поставити в пункт ω_3 не менше 40 т соняшника тобто стан ω_3 є поглинаючим.

Для розв'язку цієї задачі використаємо однорідні регулярні ланцюги Маркова. Для зручності опису введемо наступні позначення. Стохастичний об'єкт може знаходитись в одному з n станів $(\omega_1, \omega_2, \omega_3, ...\omega_n)$, імовірності переходів від одного стану до іншого залежать тільки від попереднього стану об'єкта (не залежать від часу t). Ймовірності переходів задаються матрицею перехідних ймовірностей:

$$\pi = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & .... & p_{1N} \\ p_{21} & p_{22} & .... & p_{2N} \\ .... & .... & .... & .... \\ p_{N1} & p_{N2} & .... & p_{NN} \end{pmatrix}$$

Перехід системи із стану ω_i в стан ω_j, який здійснюється із імовірністю p_{ij}, супроводжується витратами r_{ij}. Сукупність всіх r_{ij} утворює (N × N) - матрицю однокрокових витрат R = (r_{ij}). Витрати, які система може отримати за n кроків, є випадковою величиною із розподілом ймовірностей, обумовленими імовірнісними зв'язками ланцюга. Математичне сподівання цієї випадкової величини називається повними очікуваними витратами за n кроків і позначається $v_i(n)$. На першому кроці, переходячи з i-го в j-ий стан (із імовірністю p_{ij}), система одержить витрати r_{ij}, а за (n − 1) кроків, що залишилися вона одержить витрати, рівні $v_j(n-1)$. Отже, повні очікувані витрати за n кроків при цій умові будуть рівні $r_{ij} + v_j(n-1)$, що дозволяє скористатися формулою повного математичного сподівання й написати рекурентне співвідношення

$$v_i(n) = \sum_{j=1}^{N} r_{ij} p_{ij} + \sum_{j=1}^{N} v_j(n-1) p_{ij} \quad \text{або} \quad v_i(n) = g_i + \sum_{j=1}^{N} v_j(n-1) p_{ij},$$

де $g_i = \sum_{j=1}^{N} r_{ij} p_{ij}$. - середні однокрокові витрати, що отримуються при переході системи з i-го стану в j-ий.

Оскільки ці рівняння виконуються для всіх $i = \overline{1, N}$, то останнє можна записати у векторно-матричній формі:

$$\vec{v}(n) = \vec{g} + \pi \vec{v}(n-1) \tag{1}$$

Згідно [5, с. 104], стохастичну математичну модель можна представити у вигляді:

$$\vec{v}(n) = \sum_{k=0}^{N-1} \pi^k \vec{g} + \pi^N \vec{v}(0) \tag{2}$$

де $\vec{v}(0)$ - очікувана вартість в разі, якщо система здійснила 0 кроків.

Модель (2) описує роботу системи, в якій не допускається жодних альтернатив. Розглянемо тепер альтернативне рішення, яке стосуються поводження системи в процесі роботи. Наприклад, якщо система має N станів, то в процесі її роботи можна змінювати ймовірності переходів системи з одного стану до будь-якого іншого, тобто елементи p_{ij} матриці π, збільшуючи або зменшуючи відповідні елементи r_{ij} матриці вартостей R. Таким чином, альтернативні рішення здійснюються шляхом зміни елементів матриці однокрокового переходу та відповідних їм елементів матриці вартостей R. Тепер $v_i(n)$ – це мінімально очікувані витрати за n кроків за умови, що система перебувала в цей момент часу у стані ω_i, а на кожному наступному кроці вибирається оптимальний варіант. Тобто [5,с.105]:

$$v_i(n) = \min(k)\sum_{j=1}^{N} p_{ij}(r_{ij}{}^{k} + v_j(n-1)), i = \overline{1,N} \tag{3}$$

Символ "$\min$" означає, що мінімізація виконується на множині альтернативних рішень $k,\ k = 1,2,...$ У векторно-матричній формі модель (3) можна записати так

$$\vec{v}(n) = \min(k)(\vec{g}^{(k)} + \pi^{(k)}\vec{v}(n-1)) \tag{4}$$

Отже, для першого рішення маємо такий розподіл продукції (в тонах):

$$\omega_{11} = 15, \omega_{12} = 20, \omega_{13} = 40, \omega_{14} = 25; \omega_{21} = 5, \omega_{22} = 4, \omega_{23} = 1, \omega_{24} = 10;$$

$$\omega_{31} = 10, \omega_{32} = 15, \omega_{33} = 5, \omega_{34} = 10; \omega_{41} = 5, \omega_{42} = 5, \omega_{43} = 5, \omega_{44} = 10.$$

На цій основі можна побудувати матриці π_1 та R_1:

$$\pi_1 = \begin{pmatrix} \frac{\omega_{11}}{100} & \frac{\omega_{12}}{100} & \frac{\omega_{13}}{100} & \frac{\omega_{14}}{100} \\ \frac{\omega_{21}}{20} & \frac{\omega_{22}}{20} & \frac{\omega_{23}}{20} & \frac{\omega_{24}}{20} \\ \frac{\omega_{31}}{40} & \frac{\omega_{32}}{40} & \frac{\omega_{33}}{40} & \frac{\omega_{34}}{40} \\ \frac{\omega_{41}}{25} & \frac{\omega_{42}}{25} & \frac{\omega_{43}}{25} & \frac{\omega_{44}}{25} \end{pmatrix}, \quad \pi_1 = \begin{pmatrix} 0.15 & 0.2 & 0.4 & 0.25 \\ 0.25 & 0.2 & 0.05 & 0.5 \\ 0.25 & 0.375 & 0.125 & 0.25 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.4 \end{pmatrix}$$

$$R_1 = \begin{pmatrix} c\cdot\omega_{11} & c\cdot\omega_{12} & c\cdot\omega_{13} & c\cdot\omega_{14} \\ c\cdot\omega_{21} & c\cdot\omega_{22} & c\cdot\omega_{23} & c\cdot\omega_{24} \\ c\cdot\omega_{31} & c\cdot\omega_{32} & c\cdot\omega_{33} & c\cdot\omega_{34} \\ c\cdot\omega_{411} & c\cdot\omega_{42} & c\cdot\omega_{43} & c\cdot\omega_{44} \end{pmatrix}, \quad R_1 = \begin{pmatrix} 52500 & 70000 & 140000 & 87500 \\ 17500 & 14000 & 3500 & 35000 \\ 35000 & 52500 & 17500 & 35000 \\ 17500 & 17500 & 17500 & 35000 \end{pmatrix},$$

де с – закупівельна ціна продукції.

Тепер розглянемо альтернативне рішення. Так як підприємство планує поставити не менше 40 т продукції в пункт ω_3, то очевидно, що перерозподіл продукції з ω_3 в інші неможливий, а отже ω_3 -- поглинаючий стан. В цьому випадку матриці π_2 та R_2 набудуть такого вигляду:

$$\pi_2 = \begin{pmatrix} \frac{\omega_{11}}{100} & \frac{\omega_{12}}{100} & \frac{\omega_{13}}{100} & \frac{\omega_{14}}{100} \\ \frac{\omega_{21}}{20} & \frac{\omega_{22}}{20} & \frac{\omega_{23}}{20} & \frac{\omega_{24}}{20} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{\omega_{41}}{25} & \frac{\omega_{42}}{25} & \frac{\omega_{43}}{25} & \frac{\omega_{44}}{25} \end{pmatrix}, \quad \pi_2 = \begin{pmatrix} 0.15 & 0.2 & 0.4 & 0.25 \\ 0.25 & 0.2 & 0.05 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.4 \end{pmatrix}, \quad R_2 = \begin{pmatrix} 52500 & 70000 & 140000 & 87500 \\ 17500 & 14000 & 3500 & 3500 \\ 0 & 0 & 140000 & 0 \\ 17500 & 17500 & 17500 & 3500 \end{pmatrix}$$

Оскільки $g_i = \sum_{j=1}^{N} r_{ij} p_{ij}$, то згідно [5, с. 103], елементи векторів $\vec{g}_1$ та $\vec{g}_2$ дорівнюють діагональним елементам матриці ($\pi_1 \cdot R_1^T$) та ($\pi_2 \cdot R_2^T$) відповідно.

$$\pi_1 \cdot R_1^T = \begin{pmatrix} 99750 & 15575 & 31500 & 21875 \\ 77870 & 24850 & 37625 & 26250 \\ 78750 & 18813 & 39375 & 21875 \\ 87500 & 21000 & 35000 & 24500 \end{pmatrix}, \vec{g}_1 = \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 39375 \\ 24500 \end{pmatrix}; \pi_2 \cdot R_2^T = \begin{pmatrix} 99750 & 15575 & 56000 & 21875 \\ 77870 & 24850 & 7000 & 26250 \\ 78750 & 18813 & 17500 & 21875 \\ 87500 & 21000 & 28000 & 24500 \end{pmatrix}, \vec{g}_2 = \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 17500 \\ 24500 \end{pmatrix}$$

Підставивши в (2) π_1, $\vec{g}_1$ отримаємо $\vec{v}^{(1)}(1) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \vec{g}_1 + \pi_1 \vec{v}(0) = \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 39375 \\ 24500 \end{pmatrix}$ та при π_2, $\vec{g}_2$ відповідно $\vec{v}^{(2)}(1) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \vec{g}_2 + \pi_2 \vec{v}(0) = \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 17500 \\ 24500 \end{pmatrix}$.

Так як v_i - витрати підприємства то оптимальна стратегія

$$\vec{v}(1) = \min(\vec{v}^{(1)}(1), \vec{v}^{(2)}(1)) = \min\left(\begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 39375 \\ 24500 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 17500 \\ 24500 \end{pmatrix}\right) = \vec{v}^{(2)}(1) = \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 17500 \\ 24500 \end{pmatrix}.$$

Тоді, для n=2 дістанемо:

$$\vec{v}(2) = \min((\vec{g}_1 + \pi_1 \cdot \vec{v}(1)), (\vec{g}_2 + \pi_2 \cdot \vec{v}(1)) = \min\left(\left(\begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 39375 \\ 24500 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.15 & 0.2 & 0.4 & 0.25 \\ 0.25 & 0.2 & 0.05 & 0.5 \\ 0.25 & 0.375 & 0.125 & 0.25 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 17500 \\ 24500 \end{pmatrix}\right),\right.$$

$$\left., \left(\begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 17500 \\ 24500 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.15 & 0.2 & 0.4 & 0.25 \\ 0.25 & 0.2 & 0.05 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 99750 \\ 24850 \\ 17500 \\ 24500 \end{pmatrix}\right)\right) = \min\left(\begin{pmatrix} 132807.5 \\ 67882.5 \\ 81943.75 \\ 62720 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 132807.5 \\ 67882.5 \\ 60068.75 \\ 62720 \end{pmatrix}\right) = \begin{pmatrix} 132807.5 \\ 67882.5 \\ 60068.75 \\ 62720 \end{pmatrix}$$

Аналогічно, для n=3, n=4 і т.д.

Результати моделювання наведено в таблиці 1.

Результати отримані в таблиці 1 можна зобразити графічно на рис.1, який ілюструє потижневу динаміку витрат на соняшник в відповідних пунктах реалізації.

На основі проведеного дослідження моделі та результатів моделювання, що сформовані в таблиці 1 та на рис. 1, можна зробити висновки: найбільшу потужність по реалізації соняшника за 7 тижнів має пункт $\omega_1 = \frac{329326.1}{3500} = 94$ т і він же має відповідно найбільшу закупівельну вартість поставок; найменшу потужність по реалізації соняшника за 7 тижнів має пункт $\omega_3 = \frac{255633.1}{3500} = 73$ т і відповідно найменшу закупівельну вартість поставок; потужність по реалізації соняшника за 7 тижнів в пунктах $\omega_2 = \frac{262421}{3500} = 75$ т, $\omega_4 = \frac{258136.1}{3500} = 74$ т; при збільшенні числа кроків n (тижнів) закупівельні вартості поставок соняшника до всіх кінцевих пунктів постачання збільшуються, а об'єми реалізації поступово вирівнюються; оскільки найбільших витрат потребує пункт ω_1, а найменших -- ω_3 в який попадають ω_1 та ω_4, ми отримаємо коридор вартості поставок соняшника до пунктів реалізації; виходячи з одержаних результатів можна варіювати кількість пунктів реалізації продукції та закупівельну вартість (витрати) в межах одержаного коридору.

Таблиця 1. Вартість поставок соняшника на роздрібні пункти ω_1, ω_2, ω_3, ω_4. (грн.)

n (тиждень)	1	2	3	4	5	6	7	…
Витрати на постачання соняшника в пункт ω_1	99750	132807.5	172955.1	212065.1	251133.9	290231.6	329326.1	…
Витрати на постачання соняшника в пункт ω_2	24850	67882.5	105991.8	145124.3	184235.4	223326.5	262421	…
Витрати на постачання соняшника в пункт ω_3	17500	60068.8	99346.4	138338.9	177443.9	216539.1	255633.1	…
Витрати на постачання соняшника в пункт ω_4	24500	62720	101739.8	140854.6	179947.5	219041.6	258136.1	…

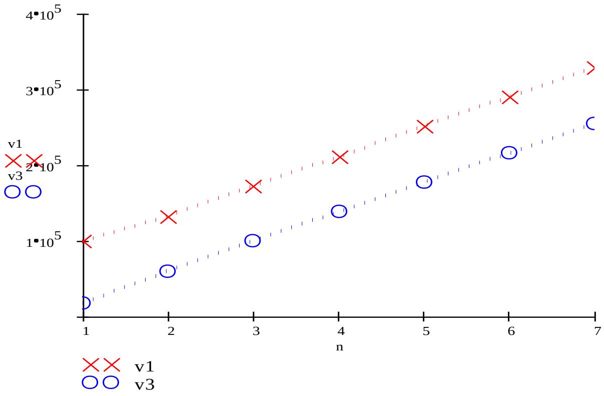

Рис. 1. Динаміка витрат на соняшник в пунктах реалізації ω_1, ω_3.

Джерела та література:

1. Knight F. H. Risk, uncertainty and profit / F. H. Knight // Hart, Schaffner, and Marx Prize Essays. – Boston, MA : Houghton Mifflin, 1921. – No. 31.
2. Aizenman J. Managing volatility and crisis overview / J. Aizenman // Managing volatility and crisis: a practitioner's guide overview / B. Pinto, J. Aizenman, (Eds.). – Cambridge : Cambridge University Press, 2005.
3. Schnepf R. Price determination in agricultural commodity markets : a primer / R. Schnepf; CRS-Congressional Research Service. – Report for Congress, RL33204, 2005.
4. Вентцель А. Д. Курс теории случайных процесов / А. Д. Вентцель. – 2-е изд., доп. – М. : Наука; Физматлит, 1996. – 400 с.
5. Жлуктенко В. І. Стохастичні процеси в економіці : монографія / В. І. Жлуктенко, А. В. Бєгун. – К. : КНЕУ, 2005. – 352 с.
6. http://zernoua.info/index.php?action=prices&categoryid=8&archive.

Игнатьев В. М. **УДК 311-330.4: 631.6**

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Сельскохозяйственное производство на орошаемых землях описывается значительным числом показателей, которые характеризуют предприятие АПК с учетом влияния рынка, погодных условий, земельных и водных ресурсов. Учет основных факторов и показателей является актуальным при оценке эффективности сельскохозяйственного производства. Объекты хозяйствования и их показатели можно оценить методами многомерной статистики [1]. Получение производственных функций, которые позволяют проследить зависимости основных показателей эффективности хозяйственного водопользования от других факторов, опирается на постулат исследования системы только с учетом внешних параметров и показателей. Само хозяйство, как систему, можно представить в виде «черного ящика».

При построении производственных функций эффективности водопользования в хозяйстве предлагается использовать методику оценивания, использующую метод главных компонент. Последовательность расчетов по методике такая: снижения числа показателей, получение латентных (скрытых) показателей, ранжирование показателей по влиянию на латентный показатель, выделение результирующих и исходных показателей и оценка степени влияния выделенных показателей на результирующий показатель, построение регрессионной зависимости.

Основные показатели экономической и технической деятельности хозяйств Миусской оросительной системы Ростовской области, подготовленные по указаниям [2], приведены в монографии [3].

Латентные показатели являются объединением исходных показателей в виде следующей линейной зависимости [1]:

$$z_i = l_{i1} \cdot x_1 + l_{i2} \cdot x_2 + l_{i3} \cdot x_3 + \ldots + l_{in} \cdot x_n,\ i = 1,2,\ldots,n, \quad (1)$$

где: z_i – i-я компонента; n – количество показателей; x_i – отклонение i- го показателя от его среднего значения; l_{ij} – искомые коэффициенты.

По исходным показателям формируется матрица X, размерностью 6 · 21, где 6 – количество хозяйств, 21 – число показателей. Элементами исходной матрицы X являются размерные значения показателей водопользования.

Среди показателей оценивающих эффективность водопользования в хозяйствах после проведения корреляционного анализа остались следующие 10 показателей: коэффициент использования воды в хозяйстве; отклонение фактической площади полива от плановой; отклонение фактически проведённых гектарополивов от плановых; отклонение фактической водоподачи от плановой водоподачи; отклонение